

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет електроенерготехніки та автоматики**

**Кафедра відновлюваних джерел енергії**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
Степан КУДРЯ  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Нетрадиційні та відновлювані  
джерела енергії»**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

**на тему: «Комплексне використання фотоелектричної станції та біогазової  
установки»**

Виконала:

студентка II курсу, групи ЕД-91мп  
Подольчак Марія Григорівна \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

Доцент, кандидат технічних наук  
Будько Марина Олександрівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Повна назва інституту/факультету**

**Повна назва кафедри**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 ««Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Степан КУДРЯ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**Подольчак Марії Григорівні**

1. Тема дисертації «Комплексне використання фотоелектричної станції та біогазової установки», науковий керівник дисертації Будько Марина Олександрівна, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020 р. № 3260-с.
2. Термін подання студентом дисертації «17» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: Процеси перетворення енергії сонячного випромінювання та біомаси в комплексних системах виробництва електроенергії.
4. Вихідні дані: Фермерське господарство, що представлене свинофермою у 800 голів та з площею для розташування фотоелектричної станції
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  - а) Розглянути особливості роботи фотоелектростанції та біогазової установки.
  - б) Проаналізувати профіль інсоляції, обрати кут нахилу фотоелектричних модулів та зробити розрахунок виробітку електроенергії фотоелектричною станцією для Дніпропетровської області.
  - в) Розрахувати виробіток електроенергії за рахунок біогазової установки для фермерського господарства.

г) Розробити принципову та електричну схеми комплексної біо-фотоелектричної станції.

д) Розробити стартап проект комплексної системи.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

а) графік приходу інсоляції;

б) суміжний графік виробітку електроенергії ФЕС та БГУ;

в) Принципова схема біо-фотостанції;

г) під'єднання біо-фотостанції до мережі;

д) кошторис на виготовлення біо-фотостанції.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики»: «Комплексне використання фотоелектростанції та біогазової установки», 2020 р. Київ.

8. Дата видачі завдання «02» листопада 2020 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написанням вступу	02.11.2020 – 06.11.2020	
2	Розрахунок параметрів біогазової установки	06.11.2020 – 09.11.2020	
3	Розрахунок фотоелектричної станції	09.11.2020 – 12.11.2020	
4	Вибір основного обладнання для біо-фотостанції	12.11.2020 – 23.11.2020	
5	Під'єднання біо-фотостанції до зовнішньої мережі	23.11.2020 – 01.12.2020	
6	Охорона праці	23.11.2020 – 01.12.2020	
7	Розроблення стартап проекту	01.12.2020 – 07.12.2020	
8	Оформлення роботи	07.12.2020 – 10.12.2020	
9	Підготовка до здачі роботи	10.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Марія ПОДОЛЬЧАК.

Науковий керівник

Марина БУДЬКО

## РЕФЕРАТ

*Актуальність теми.* Використання власних енергетичних ресурсів, дозволяє бути Україні незалежною країною в паливно-енергетичному аспекті. Одними з таких ресурсів є енергія сонячного випромінювання та біомаси, які дозволяють отримувати екологічно чисту електроенергію. Комплексне використання фотоелектричних та біогазових електростанцій дозволяє зменшити коливання генерованої потужності об'єктів відновлюваних джерел енергії. Ці фактори обумовлюють актуальність теми для даної магістерської дисертації.

*Мета і задачі дослідження.* Встановлення доцільності впровадження комплексних фото-біогазових електростанцій в умовах України.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) Розглянути особливості роботи фотоелектростанції та біогазової установки.
- 2) Проаналізувати профіль інсоляції, обрати кут нахилу фотоелектричних модулів та зробити розрахунок виробітку електроенергії фотоелектричною станцією для Дніпропетровської області.
- 3) Розрахувати виробіток електроенергії за рахунок біогазової установки для фермерського господарства.
- 4) Розробити принципову та електричну схеми комплексної біо-фотоелектричної станції.
- 5) Розробити стартап проект комплексної системи.

*Об'єкт дослідження.* Процеси перетворення енергії сонячного випромінювання та біомаси в комплексних системах виробництва електроенергії.

*Предмет дослідження.* Енергетичні параметри комплексної фото-біогазової електростанції для умов Дніпропетровської області..

*Методи дослідження.* Для вирішення поставлених задач використовувались програми для розрахунків, Matlab та Mathcad.

*Наукова новизна.* Запропоновано підхід зменшення коливань вихідної потужності при комплексному використанні енергії сонячного випромінювання та біомаси, що зменшують негативний вплив на центральні мережі та розширює можливості використання енергетичного потенціалу даних відновлюваними джерелами енергії в умовах України.

*Практичне значення.* Схемні рішення комбінованої біо-фотоелектричної станції для умов Дніпропетровської області.

*Публікації.* «Комплексне використання фотоелектростанції та біогазової установки» // Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики»: «Комплексне використання фотоелектростанції та біогазової установки», 2020 р. Київ.

*Ключові слова:* Фотоелектрична станція, біогазова установка, біогаз, відновлювані джерела енергії, відновлювана енергетика.

## ABSTRACT

*Actuality of theme.* The use of its own energy resources allows Ukraine to be an independent country in the fuel and energy aspect. One of such resources is the energy of solar radiation and biomass, which allow to obtain environmentally friendly electricity. Integrated use of photovoltaic and biogas power plants allows to reduce fluctuations in the generated capacity of renewable energy sources. These factors determine the relevance of the topic for this master's thesis.

*The purpose and objectives of the study.* Establishing the feasibility of introducing complex photo-biogas power plants in Ukraine.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:

- 1) Consider the features of the photovoltaic power plant and biogas plant.
- 2) Analyze the insolation profile, choose the angle of the photovoltaic modules and calculate the electricity generation by the photovoltaic station for Dnipropetrovsk region.
- 3) Calculate electricity generation from a biogas plant for a farm.
- 4) To develop the basic and electric schemes of the complex bio-photovoltaic station.
- 8) Develop a startup project of a comprehensive system.

*Object of study.* Processes of conversion of energy of solar radiation and biomass in complex systems of production of the electric power.

*Subject of study.* Energy parameters of a complex photo-biogas power plant for the conditions of Dnipropetrovsk region ..

*Research methods.* Calculation programs, Matlab and Mathcad, were used to solve the set tasks.

*Scientific novelty.*

An approach to reduce fluctuations in output power in the integrated use of solar energy and biomass is proposed, which reduces the negative impact on central networks and expands the possibilities of using the energy potential of data from renewable energy sources in Ukraine.

*Practical meaning.*

Schematic solutions of the combined bio-photovoltaic station for the conditions of Dnipropetrovsk region.

*Publications.* "Integrated use of photovoltaic power plant and biogas plant" // International scientific and technical journal of young scientists, graduate students and students "Modern problems of electrical engineering and automation": "Integrated use of photovoltaic power plant and biogas plant", 2020 Kyiv.

*Key words:* Photovoltaic power plant, biogas plant, biogas, renewable energy sources, renewable energy.

## **ЗМІСТ**

<b>УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....</b>	<b>12</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>13</b>
<b>РОЗДІЛ 1 .....</b>	<b>15</b>
<b>КОМПЛЕКТАЦІЯ МЕРЕЖЕВИХ ФЕС ТА БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1Особливості та типи СЕС.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2Історія розвитку фотоелементів.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3Види існуючих фотоелектричних елементів .....</b>	<b>21</b>
1.3.1 Модулі з полікристалічного кремнію .....	21
1.3.2 Модулі з полікристалічного кремнію .....	21
1.3.3 Модулі з аморфного кремнію .....	23
<b>1.4 Потенціал сонячної енергетики в Україні .....</b>	<b>24</b>
<b>1.5 Загальні відомості та особливості біогазу .....</b>	<b>26</b>
<b>1.6 Етапи біохімічного перетворення в біогазових установках .....</b>	<b>27</b>
<b>1.7 Фактори впливу на виробництво біогазу.....</b>	<b>28</b>
1.7.1 Температурні режими зброджування біомаси. ....	28
1.7.2 рН-середовища. ....	29
1.7.3 Наявність інгібіторів та каталізаторів. ....	29
1.7.4 Склад субстрату та його вологість та в'язкість.....	30
1.7.5 Час бродіння .....	31
1.7.6 Інтенсивність перемішування.....	31
1.7.7 Завантаження свіжого гною.....	31



1.8 Апаратурна схема біогазової установки.....	32
1.9 Висновки до першого розділу .....	34
<b>РОЗДІЛ 2 .....</b>	<b>35</b>
<b>РОЗРАХУНОК БІО-ФОТОСТАНЦІЇ .....</b>	<b>35</b>
2.1 Розрахунок річного і добового виходу свинячого гною .....	36
2.2 Розрахунок впливу якісних параметрів біомаси на вихід біогазу .....	37
2.3 Визначення вологості вихідної біомаси .....	37
2.4 Визначення основних параметрів процесу метанового бродіння .....	38
2.5 Розрахунок енергетичного балансу процесу анаеробного бродіння .....	40
2.6 Розрахунки показників енергетичної ефективності біогазових установок .....	43
2.7 Розрахунки зменшення викидів CO <sub>2</sub> в атмосферу протягом року .....	43
2.8 Вибір фотоелектричних модулів для фотоелектростанції.....	45
2.9 Розрахунок оптимального кута нахилу фотоелектричних модулів .....	50
2.10 Висновок до другого розділу .....	56
<b>РОЗДІЛ 3 .....</b>	<b>57</b>
<b>ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ БІО-ФОТОСТАНЦІЇ .....</b>	<b>57</b>
3.1 Елементи біогазової установки .....	58
Газовий котел РИВНЕТЕРМ-56.....	59
3.2. Елементи фотостанції.....	61
3.2.1 Вибір інвертора .....	62
3.2.2 Вибір кабелю .....	64
3.2.3 Вибір кріплення фотоелектричних модулів.....	65

3.2.4 Вибір запобіжників .....	65
<b>3.3 Висновки до третього розділу .....</b>	<b>65</b>
<b>РОЗДІЛ 4 .....</b>	<b>66</b>
<b>ПРИЄДНАННЯ ДО ЗОВНІШНЬОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ БІО- ФОТОСТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1 Електричні схеми приєднання .....</b>	<b>67</b>
4.1.1 Електрична схема з'єднання фотоелектричних панелей до інвертора .....	67
4.1.2 Схема приєднання біо-фотостанції до зовнішньої мережі .....	67
<b>4.2 Економічний розрахунок .....</b>	<b>69</b>
<b>4.3 Екологічний вплив .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4 Висновки до четвертого розділу .....</b>	<b>71</b>
<b>РОЗДІЛ 5 .....</b>	<b>72</b>
<b>РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЄКТУ .....</b>	<b>72</b>
<b>5.1 Технологія використання біогазової установки для регулювання виробітку електроенергії. ....</b>	<b>73</b>
<b>5.2 Висновки до п'ятого розділу .....</b>	<b>76</b>
<b>РОЗДІЛ 6 .....</b>	<b>78</b>
<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА .....</b>	<b>78</b>
<b>6.1 Робота з біогазовими установками .....</b>	<b>79</b>
<b>6.2 Робота з фотоелектричними установками .....</b>	<b>80</b>
<b>6.3 Заходи безпеки .....</b>	<b>81</b>
<b>6.4 Вимоги до технічного обслуговування установки .....</b>	<b>82</b>
<b>6.5 Охорона довкілля .....</b>	<b>83</b>

<b>.6.6 Пожежна безпека .....</b>	<b>84</b>
<b>6.7 Висновки до шостого розділу .....</b>	<b>85</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>86</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>88</b>

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ВДЕ - відновлювані джерела енергії;

ВЕ - відновлювана енергетика;

ФЕС – фотоелектрична станція;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

БГУ – біогазова установка;

СЕС – сонячна електростанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ТП – трансформаторна підстанція;

РП – розподільчий пристрій;

ТЕС – теплова електростанція

## **ВСТУП**

Згідно експертних прогнозів, викопні джерела тепла й енергії – вугілля, газ, нафта, будуть в майбутньому значно дорожчати через підвищення попиту, виснаження запасів, а також міжнародних конфліктів і внутрішніх політичних криз.

Тому необхідно зменшувати залежність енергетики і теплового сектора країни від викопного палива, що також сприятиме скороченню викидів парникових газів.

На сьогоднішній день однією з найбільш розвинених галузей альтернативної енергетики являється- сонячна. На територію України надходить так багато сонячної енергії, що сильно переважає споживану енергію країни.

Останні три роки були дуже результативними і показали стрімку динаміку росту кількості сонячних електростанцій.

В Україні достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Але, вироблення таким способом електроенергії не є стабільним, адже залежить від погодних умов. Тому можна використовувати комбіновані системи, завдяки яким можна вирівнювати графіки навантаження. Однією з таких систем може бути сонячно-біоенергетична.

В Україні є великий потенціал для використання біоенергетики. На 2020 рік було заплановано ввести в експлуатацію 950 МВт електроенергії виробленої за рахунок біоенергетики. На сьогоднішній день біоенергетика заміщує близько 4 мільярдів кубометрів природного газу щороку. Також завдяки роботі біоенергетичних підприємств в країні викиди CO<sub>2</sub> щороку менші на 8 мільйонів тонн.

В даній магістерській дисертації представлено розрахунок комплексного використання фотоелектростанції та біогазової установки, для фермерського господарства що розташовується в Дніпропетровській області.

## **РОЗДІЛ 1**

### **КОМПЛЕКТАЦІЯ МЕРЕЖЕВИХ ФЕС ТА БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК**

## 1.1 Особливості та типи СЕС

Сонце – це невичерпне джерело енергії/ Проходячи через верхні шари атмосфери не менше як половина цього випромінювання розсіюється (приблизно, 23% - розсіяна сонячна радіація, 27% - пряма сонячна радіація). Перевагами енергії сонячної радіації порівняно з традиційними видами палива є :

- Сонце як, джерело енергії практично невичерпне;
- можливе використання енергії сонячного випромінювання на більшій частині поверхні Землі як місцевого енергетичного джерела;
- безпосереднє перетворення енергії сонячної радіації в електричну;
- прискорювання дії у фотохімічних процесах [2].

Переглянувши переваги, зрозуміло , чому саме люди почали використовувати сонячні електростанції.

Сонячне випромінювання – це природне джерело, що сприяє різним процесам на атмосфері планети. Дослідження сонячної радіації відбувається для того, щоб побачити вплив на клімат, вирішити певні задачі та давати екологічні та кліматичні прогнози. Сонячне випромінювання, яке надходить на поверхню Землі від Сонця , поділяється на пряме та розсіяне випромінювання. Сума випромінювання залежить від висоти Сонця над поверхнею Землі, прозорістю та загальною хмарністю атмосфери. [2].

Сонячна енергетична установка – це установка, призначенням котрої є перетворення енергії сонця у інші види енергії (хімічну, механічну, теплову).

Існує три основних напрямки перетворення та освоєння сонячної енергії:

Тепловий – являє собою, уловлення радіаційного випромінювання колектором (рисунок 1.1) .





Рисунок 1.1 – Сонячний колектор

Теплодинамічний – являє собою, концентрацію енергії сонячного випромінювання за рахунок якої пара в котлі надходить на турбіну з електрогенератором (рисунок 1.2)



Рисунок 1.2 – Теплодинамічна система

Фотоелектричний – являє собою, уловлення електромагнітного випромінювання з поверхні Сонця та перетворення його в електроенергію. (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Фотоелектричні панелі

Використання фотоелектричних модулів енергії на сьогоднішній день є одним із важливих напрямів використання сонячної енергії[8].

Сонячні елементи мають низку переваг: у СЕС відсутні частини що рухаються, що зношуються; в них тривалий термін служби; вимагають мінімальної уваги; не мають негативного впливу на навколишнє середовище; так як електрогенератори інших типів, мають широке застосування по потужностям – від декількох ват до мегаватних станцій.

Сонячна електростанція — інженерна споруда, що перетворює енергію сонячного випромінювання на електричну енергію.

*Типи СЕС :*

- Автономні СЕС

Автономна сонячна електростанція потрібна там, де немає доступу до централізованої електромережі. Сонячні панелі під'єднані до інвертору у

автономній мережі, до якої підключені акумулятори. Вдень електроприлади живляться від батарей, а надлишок накопичується у акумуляторах. Коли сонячне світло зникає живлення поступає від них. Існують одно-фазні та трьох-фазні автономні СЕС.

Автономна СЕС ідеально підходить для встановлення у віддалених будинках, котеджах або на АЗС. [2]

СЕС автономного типу не поширені на даний час, але використовуються для виробітку електроенергією віддалених від зовнішніх електромереж споживачів, і дозволяють йому стати незалежними. Такі СЕС в призначені для живлення маленьких приміщень.

#### - Мережеві СЕС

Мереживна сонячна електростанція — дуже вигідний спосіб видобутку та економії електроенергії. На відміну від автономних та гібридних електростанцій дуже проста та економна в експлуатації, оскільки складається лише з декількох елементів. Сонячні панелі під'єднанні до інвертору який з'єднаний з електромережею і ретранслює до неї струм потужністю 220 В або 380 В. Основна відмінність такої станції полягає в тому що відсутні акумулятори, термін роботи яких лише 2-3 роки, після чого їх треба ремонтувати або замінити на нові, що суттєво б'є по кишені.

#### - Гібридні СЕС

Гібридні СЕС об'єднують попередні два види сонячних електростанцій. Вони складаються з панелей, гібридного інвертору та акумуляторів з'єднаних з централізованою електромережею. Гібридний інвертор у такій системі об'єднує струм, який надходить зовні, з мережі з, виробленою сонячними батареями, енергією. Споживач використовує енергію від сонячних елементів, а коли її не вистачає — використовує зовнішню мережу. Коли ж зовнішнє постачання відсутнє, система переходить на автономну роботу з сонячними батареями та акумуляторами.

## 1.2 Історія розвитку фотоелементів

Заснування фотоелементів починається з 1839 року, коли французьким фізиком Едмондом Беккерелем було відкрито фотогальванічний елемент. Далі історія розвитку була така :

В 1883 році в Нью-Йорці електрик Чарльз Фрітс почав з селену виготовляти сонячні елементи. Вони почали перетворювати видимий спектр світла в електроенергію та коефіцієнт корисної дії таких елементів досягав приблизно 2%.

Десь в середині ХХ століття було відкрито новий метод вирощування кристалічного кремнію, який було названо методом Чохральського.

Згодом в 1954 році, після відкриття методу Чохральського, компанія «Bell Telephone» почала виготовляти новий фотоелемент синтезований з силікону, ККД якого спочатку не перевищував приблизно 4%, але після подальших досліджень його ККД було покращено до 11%.

Рухаючись далі, в 1958 році фотоелементи почали застосовувати практично. Невеликі за енергоємності модулі почали жити радіопередавачі космічного супутника який був розроблений в Америці. Фотомодулі зіграли важливу роль в космічних дослідженнях.

Іншим напрямками можливості використання в ХХІ ст. сонця є створення електростанцій із сонячними модулями, що акумулюють та перетворюють її в лазерне випромінювання, спрямоване на землю.

Використання сонячних модулів в космосі де немає атмосфери, змін дня і ночі, на одиницю площі на яку потрапляє сонячна радіація в рази більша чім на Замлі. Роботи по дослідженню таких систем почалися ще в сімдесяті роки СРСР, США та іншими країнами.

Щоб реалізовувати такі складні дослідження , як побудова сонячних орбітальних електростанцій, потрібно мати гарні міжнародні відностини[8].

### 1.3 Види існуючих фотоелектричних елементів

#### 1.3.1 Модулі з полікристалічного кремнію

Монокристалічні елементи (рисунок 1.4) мають найбільш високий показник ефективності, що знаходиться на рівні 23 %. Досягається цей показник завдяки високому ступеню очищення кремнію.

Переваги:

- Високі робочі показники, досягаються за рахунок кремнію високого ступеня очищення.
- Компактність. Висока продуктивність дозволяє використовувати меншу площу, відведену для розміщення батарей. При цьому монокристалічні панелі будуть виробляти електроенергії більше, ніж інші елементи
- Великий термін експлуатації. Виробники таких джерел гарантують, що їхні продукти прослужать мінімум 25 років

Недоліки:

- Висока вартість. Ці елементи стоять відчутно дорожче інших батарей, тому побудова системи з їх участю потребують великих капітальних вкладень.



Рисунок 1.4 – Сонячні модулі з монокристалічного кремнію

#### 1.3.2 Модулі з полікристалічного кремнію

Полікристалічні модулі (рисунок 1.5) можуть похвалитися лише 18% ефективністю. Істотне зменшення виникає через вторинної сировини,

використовуваного при виробництві полікристалів. Домішки вуглецю, кисню та інших елементів зменшують робочу площу батареї.

Переваги:

- Прийнятна вартість. Менш витратний метод виробництва полікристалічних сонячних панелей, робить їх вартість набагато привабливіше на світовому ринку.

Недоліки:

- Продуктивність. Цей параметр залишає бажати кращого, так як ступінь переробки сонячної енергії в даному випадку рідко перевищує значення 14-18%. Всьому виною низька чистота кремнію.
- Необхідність використання більшого простору. Щоб досягти розрахункової потужності доведеться встановити більше батарей, ніж при використанні монокристалічних панелей.
- Чутливість до високих температур. Багато домішки, що знаходяться в складі полікристала, мають температурний поріг, при досягненні якого в них починають відбуватися певні хімічні реакції. Природно, ця особливість позначається на термінах служби батареї.

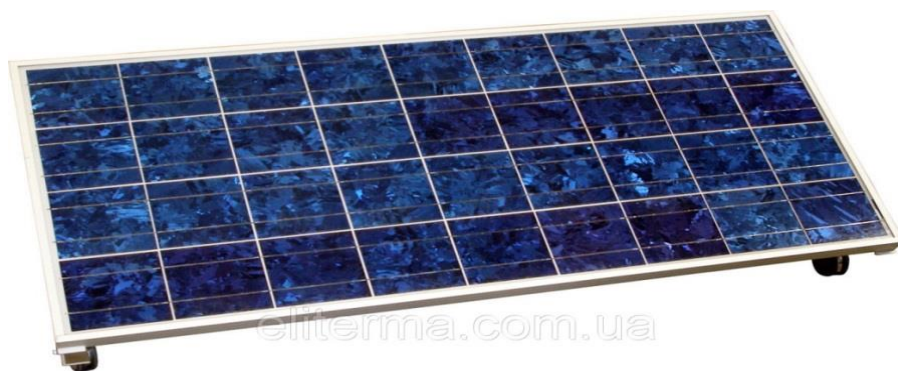


Рисунок 1.5 – Модулі з полікристалічного кремнію

### 1.3.3 Модулі з аморфного кремнію

Тонкоплівкові моделі (рисунок 1.6) показують ефективність на рівні 13%. Обмеження пов'язані з фізичними розмірами панелей.

Переваги:

- Низька ціна виробництва по відношенню з модулів моно-, і полікристалів.

Низька собівартість – низька вартість для кінцевого споживача.

- Приємна естетика, сформована однорідністю напilenня кремнію.

- Мають високу здатність витримувати високу температуру . При таких температурах, плівкові батареї втримують первісну продуктивність, завдяки чому їх можна назвати стабільними і універсальними – підходящими для різного клімату.

Недоліки:

- Вимагають більшої площі для установки

- Площа покриття. Потрібно встановити більше батарей для досягнення запланованих потужностей електростанції.

- Додаткові витрати. Важливо відзначити, що зміст електростанції тонкоплівкових елементів, це не тільки витрати на їх придбання, але і витрати пов'язані з купівлею опорних конструкцій, кабелю та інших витратних матеріалів. Малий експлуатаційний термін.

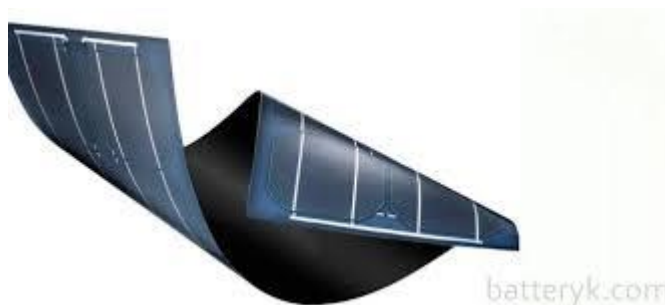


Рисунок 1.6 – Сонячні модулі з аморфного кремнію

## 1.4 Потенціал сонячної енергетики в Україні

В результаті довгих років досліджень в Україні була створена науково-дослідна база для подальшої розробки та серійного виробництва сонячних елементів, модулів і батарей на основі напівпровідникового кремнію. Основна проблема сучасної фотовольтаїки в Україні - це створення науково-технічної бази для виробництва фотоелектричних перетворювачів з більш високим ККД для здешевлення виробленої електроенергії. Необхідно удосконалити і впровадити нові тонкоплівкові технології для виробництва сонячних модулів, які працюють в денний час і вимагають в 100 разів менше дефіцитного кремнію.

виробників фотоелектричного обладнання спрямовані на зниження вартості встановленої потужності за рахунок:

- розробка і застосування більш якісних технологій виробництва напівпровідникового кремнію, сонячних елементів, фотомодулів, систем зберігання енергії;
- максимально нарощувати масштабне виробництво. Експерти прогнозують стрімке зростання виробництва сонячних панелей в Україні, велика частина яких призначена для експорту.

Стратегія розвитку фотовольтаїки в Україні буде наступною:

- організація масового виробництва фотоелектричної продукції (полі- і монокристалічний кремній, сонячні елементи, сонячні елементи, сонячні фотоелектричні станції і установки);
- використання (до 15%) для сонячних фотоелектричних установок і станцій в агропромисловому комплексі України;
- організація експорту високоефективної фотоелектричної продукції до 85% від загального обсягу виробництва.

Україна історично та природно створила сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики, такі як:

- кліматичні умови;



- науково-технічний і технологічний потенціал;
- виробничі потужності - необхідно вдосконалити і впровадити більш 10% світового монокристалічного кремнію для фотоелектричних перетворювачів. Плівкові технології для виробництва сонячних модулів, які працюють при денному світлі і вимагають в 100 разів менше дефіцитного кремнію.

Зусилля зарубіжних і вітчизняних виробників фотоелектричного обладнання спрямовані на зниження вартості встановленої потужності за рахунок:

- розробка і застосування ефективніших технологій виробництва напів провідникового кремнію, сонячних елементів, сонячних модулів, систем накопичення енергії;
- вирощування якомога більше великосерійного виробництва. Експерти прогнозують стрімке зростання виробництва сонячних панелей в Україні, велика частина яких призначена для експорту.

Стратегія розвитку фотовольтаїки в Україні буде наступною:

- організація масового виробництва фотоелектричної продукції (полі- і монокристалічний кремній, сонячні елементи, сонячні елементи, сонячні фотоелектричні станції і установки);
- використання (до 15%) сонячних фотоелектричних установок і станцій в агропромисловому комплексі України;
- організація експорту вискоелективної фотоелектричної продукції до 85% від загального обсягу виробництва.

Україна природно і історично створила хороші умови для розвитку сонячної енергетики, такі як:

- кліматичні умови;
- науково-технічний і технологічний потенціал;
- виробничі потужності - понад 10% світового монокристалічного кремнію для фотоелектричних перетворювачів..

### 1.5 Загальні відомості та особливості біогазу

Біогаз- це горюча суміш газів, що виходить в результаті природного розкладання різних органічних речовин. Щоб отримати біогаз в промислових умовах необхідно прискорити процес розкладання, тому що в природному середовищі цей процес займає багато часу. Для цього потрібно створити оптимальні умови для газообразуючих бактерій. [5].

В таблиці 1.1 Наведена частка різних складових, які в собі містить біогаз.

Таблиця 1.1 Склад біогазу

Назва складової	Частина, %
Метан ( $\text{CH}_4$ )	65-75
Вуглекислий газ( $\text{CO}_2$ )	20-30
Водень( $\text{H}_2$ ), аміак( $\text{NH}_3$ ), сірководень( $\text{H}_2\text{S}$ )	3-6

Метан один з основних джерел енергії, в залежності від з біосубстрата частка метану в біогазі змінюється. Найбільший вміст метану знаходиться в жирах, частина дорівнює близько 86%, в рослинній сировині 71%, а в гної від ВРХ найменша- в районі 60% .

В отриманні біогазу є багато переваг:

- Отримання палива, яке використовувалось для промислово-побутових потреб.
- Біогазові установки можуть бути як частина очисних споруд.
- Мінімальні витрати на отримання сировини, тому що біогазові установки розташовуються біля постачальника сировини.
- Відбувається утилізація відходів.
- Біосубстрат є чудовим добривом.

- При анаеробному бродінні відходів, гній та послід не знаходиться у лагунах впродовж тривалого часу, що зменшує ризики, пов'язані з аварійними ситуаціями.

- Зменшується ризик над нормового внесення або посліду на поля.
- Зменшується ризик забруднення земель та води азотом, фосфором та іншими речовинами.
- При анаеробному бродінні відходів тваринництва запах стає менш інтенсивним.

Біогазові установки, є вирішенням екологічної проблеми, оскільки кількість газів які надходять з перегною ВРХ перевищують викиди всього автотранспорту десь в 20 разів.

### **1.6 Етапи біохімічного перетворення в біогазових установках**

Одним з основних шляхів використання енергії з гною худоби є його метанове зброджування.

Метанове зброджування рідких гнійних стоків проходить у біогазових установках, в яких за рахунок відходів рослинних та тваринних решток отримується біогаз та біодобриво.

Анаеробне розкладання речовини відбувається у чотири основні стадії  
рисунок 1.7. В анаеробному середовищі органіка розкладається за допомогою бактерій. Біогаз є проміжною речовиною метаболізму бактерій.

Між стадіями гідролізу та бродіння, зазвичай, немає чіткої межі. Такі реакції відбуваються в середовищі зброджкування зазвичай одночасно

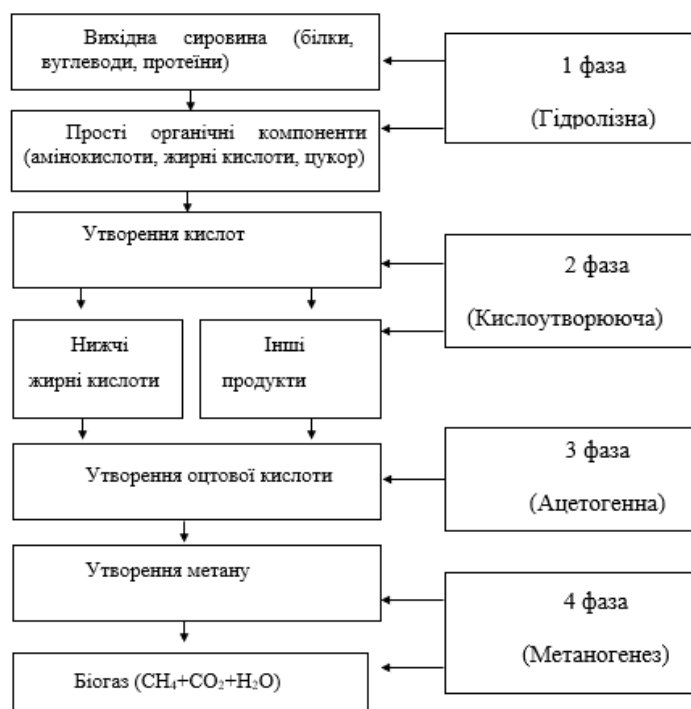


Рисунок 1.7- Етапи біохімічного перетворення

### 1.7 Фактори впливу на виробництво біогазу

Процес видобування біогазу-складний, на нього діє декілька факторів.

Основні фактори впливу на процес бродіння :

#### 1.7.1 Температурні режими зброджування біомаси.

Існують декілька температурних режимів: психрофільний- при невисоких температурах 15-17°C, мезофільний- при середніх температурах 32-35°C, та термофільний при високих 53-55°C. Найчастіше використовують два крайніх режими для метаногенезу. З високими температурними умовами для утворення газу значно поліпшуються результати, а при менших температурах активність мікроорганізмів майже припиняється. До скачків температури, а особливо до зменшення, мікроорганізми реагують дуже чутливо і реагують на це зменшенням метаболічної активності та здатності до відтворення. Температура має великий

влив на якісні показники газу. Зміна коливань температурного режиму не має перевищувати пару градусів для психрофільного зброджувального режиму, та  $1^{\circ}\text{C}$  – для мезофільного та близько  $0,5^{\circ}\text{C}$  для термофільного зброджування. На вибір температурного режиму також впливають певні кліматичні умови, адже для термофільного режиму потрібні доволі значні затрати енергії для нашого клімату, тому для використання біоустановок в умовах нашого клімату краще використовувати реактори для мезофільних температур.

### 1.7.2 pH-середовища.

Оскільки метаболічна активність і відтворення метанових бактерій нижче чим кислототворних, під час підвищення утворення органічних речовин може утворитися надлишок летких кислот, які знижують активність метанових бактерій, коли значення pH опуститься нижче 6,5. Частіше величина pH, завдяки буферним властивостям субстрату в час нерівномірного отримання кислоти, підтримується на постійному рівні [16]. Такі властивості виявляються шляхом створення карбонатів у кількості, які перевищують кількість  $\text{CO}_2$ , що виділяється під час бродіння.

### 1.7.3 Наявність інгібіторів та каталізаторів.

Для безперешкодного розмноження бактерій потрібна наявність поживного середовища, що містить такі речовини, кисень і вуглець для забезпечення процесу енергією, азот, водень, фосфор і сірка - для створення білка і лужних металів. Активність мікробної реакції визначається співвідношенням вуглецю і азоту. Сприятливим умовам відповідають значення  $\text{C} : \text{N} = 10 : 16$ . Якщо у вихідному субстраті вуглеводів більше, ніж речовин з білком, утворюється невелика кількість амонійного азоту [17]. Це призводить до меншої кількості метану і більшій кількості вуглекислого газу і водню, що призводить до збільшення виходу кислоти і зниження pH і, отже, до зниження інтенсивності метанового бродіння. З іншого боку, перевиділення білка і амінокислот

призводить до збільшення рН більше 8, що призводить до ослаблення процесу освіти метану.

Серед залишків і відходів найбагатшими поживними речовинами, необхідними для ферментації метану, є органічні відходи. Але вони відрізняються як наявністю компонентів, так і хімічним складом. Ферментація рослинних матеріалів, що містять розкладаються вуглецеві сполуки, в якій додано багатих азотом речовин, таких як свинячий або курячий послід, для отримання співвідношення C: N в межах, необхідних для процесу ферментації [10].

Летючі і жирні кислоти, які утворюються при анаеробному розкладанні органічних сполук, важливі в процесі метаногенеза, оскільки вони володіють як інгібуючими, так і стимулюючу дію. При надлишкової подачі субстрату, його високою біодоступності, високій температурі може мати місце процес його швидкого окислення, при якому концентрація органічних кислот досягає великих значень. При такому змісті летючих і жирних кислот змінюється співвідношення оцтової кислоти і пропіонової кислоти. При перевищенні концентрації оцтової кислоти і пропіонової кислоти процес утворення біогазу пригнічується [11].

#### 1.7.4 Склад субстрату та його вологість та в'язкість

Для активного метаболізму і високій швидкості біохімічних метаболічних процесів ферментація може бути досягнута, якщо максимально можливий зміст твердої і рідкої фаз підтримується і постійно оновлюється.

Нормальною для життя метаноутворюючих мікроорганізмів є середовище, в якій вміст сухої речовини має становити 8-12%. В цьому випадку в'язкість біосубстратах дозволяє твердих частинок гною вільно переміщатися в рідині. Верхня межа концентрації твердих частинок, при якому можливе вільне рух фаз, для підкладки з дрібною суспензією твердих частинок відповідає приблизно 10-12%. При великих значеннях вихід газу значно знижується. За рахунок

інтенсивного перемішування і відповідної подачі енергії небажаний ефект може бути зменшений [13].

#### 1.7.5 Час бродіння

Час відстоювання в реакторі в залежності від субстрату становить 10-30 днів для гною і 100 днів і більше для рослин. Потреба в часі для повного зброджування маси зазвичай дуже велика, що відповідно призводить до використання великих реакторів. Тому, виходячи з економічних міркувань, скорочуючи час перебування маси в реакторі, ми свідомо йдемо на деякий дефіцит газу [12].

Вибір тривалості перебування маси в реакторі залежить, з одного боку, від швидкості реакції, властивій кожному типу матеріалу, а з іншого боку, від цього розкладання, яке визначає вихід газу і ослаблення запаху. ферментованого мулу. Також слід мати на увазі, що зі збільшенням часу ферментації збільшується вміст  $\text{CH}_4$  в загальному обсязі газу, і одночасно зменшується вміст  $\text{CO}_2$ .

#### 1.7.6 Інтенсивність перемішування

Під час процесу ферментації найвища інтенсивність розкладання досягається, якщо кількість органічної речовини, яку додають в одиницю часу до кількості в реакторі, відповідає кількості органічної речовини, вже розклалася до певної точки. [16] Додавання меншою маси призводить до меншого розкладання субстрату і меншому виходу газу, а додавання меншою маси призводить до меншого використання обсягу реактора.

#### 1.7.7 Завантаження свіжого гною

Для БГУ важливою частиною є внесення та добової дози завантаження гною. Доза завантаженого субстрату залежить від виду сировини, та концентрації сухої речовини в метантенку та також температури бродіння субстрату. Принципова схема завантаження показана на рисунку 1.7

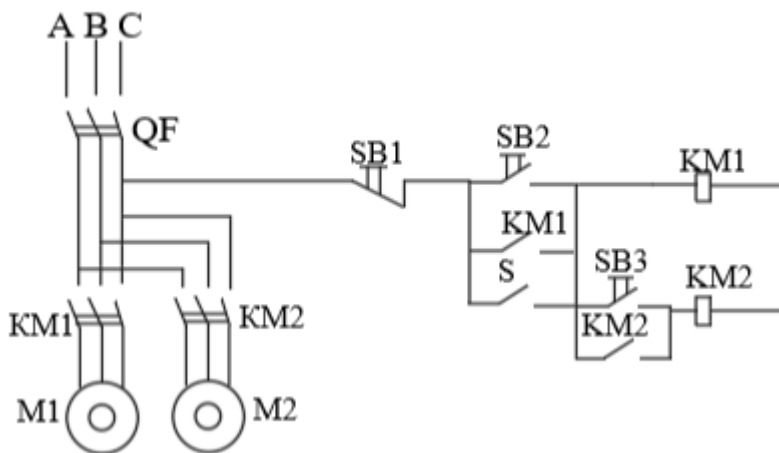


Рисунок 1.7-Принципова схема керування системою завантаження та вивантаження

### 1.8 Апаратурна схема біогазової установки

Перетворення органічних залишків в біогаз відбувається в результаті цілого комплексу біохімічних перетворень. Цей процес називається ферментацією біомаси. Це відбувається за рахунок бактерій і здійснюється в спеціальних ферментерах. Необхідно створити і підтримувати оптимальні умови для росту і існування популяції бактерій в ферментері, що визначає вартість виробництва біогазу.

Біогазова установка - це комплекс об'єктів і обладнання, об'єднаних в єдину автоматичну систему контрольованої ферментації метану.

Технологія отримання біогазу, будівельна техніка та обладнання БГУ розрізняються залежно від сировини і специфіки проекту. Є двоступеневі і одноступінчасті біогазові комплекси. Для більшості підкладок використовується одноетапна технологія, яка вважається базовою. Двоступенева технологія використовується для швидко розкладаються субстратів, через які вони схильні



до окислення. Технологія отримання біогазу у два етапа відрізняється від одностадійного реактора додаткового гідролізу [14].

БГУ також є найактивнішою системою очищення. Будь-яка система очищення споживає енергію, а не виробляє її. Завдяки біогазовим установкам, що уловлює метан, ви можете вирішити проблеми з глобальним потеплінням. Завдяки БСУ можна виробляти електроенергію і тепло з економією капітальних втрат для очисних споруд на нових підприємствах.

На малюнку 1.8 показані основні компоненти біогазової установки. Сировина надходить в реактор з ферми через шнековий навантажувач, завдяки мешалке тверді частки не осідають. Відокремлений від біосубстратах газ накопичується в газгольдері [15]. Використаний біосубстратами відкачується через спеціальний кран і може використовуватися як добриво.

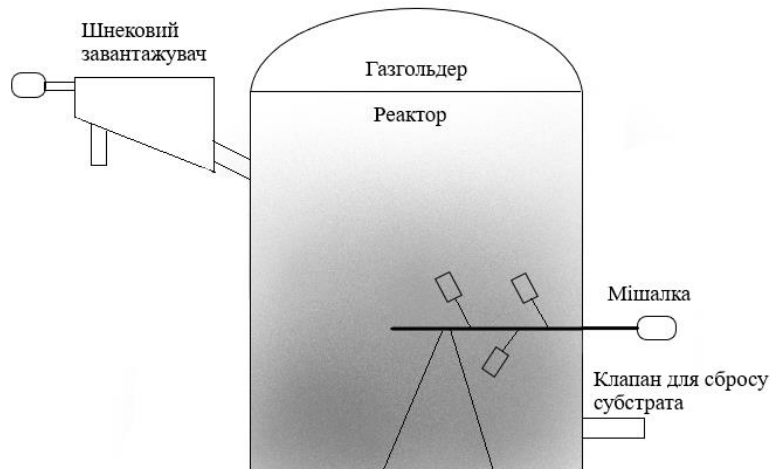


Рисунок 1.8- Біогазова установка

Основні частини біогазової установки:

## 1.9 Висновки до першого розділу

На основі аналізу першого розділу можна зробити такі висновки. З кожним роком фотоелементи знижується в ціні, що дає причину розвитку не тільки невеликих та приватних електростанцій а й комерційних.

Прихід сонячної радіації в Україні є задовільним для використання сонячних електростанцій в усіх областях, особливо в південних та центральних впродовж всього року.

Розвиток передових біогазових технологій внесе значний внесок у підвищення енергетичної незалежності України, знизить жорсткість покриття пікових навантажень в енергопостачанні, а також буде сприяти розвитку місцевої економіки; Стимулюючи виробництво електроенергії з біогазу, країна в одночас підвищить рівень екологічної безпеки на більшій частині своєї території, оскільки відходи птахівництва, тваринництва, харчової та переробної промисловості вже становлять загрозу для здоров'я населення, ґрунту, повітря і ґрунтових вод. . Ресурси.

Біоенергетика і біогазова промисловість потребують підтримки з боку держави, тому що виробництво біогазу знижує енергетичну залежність нашої країни, а також створює нові робочі місця і вирішує проблеми утилізації відходів, в тому числі тваринництва, тим самим покращуючи екологічну ситуацію в Україні.

**РОЗДІЛ 2**

**РОЗРАХУНОК БІО-ФОТОСТАНЦІЇ**

Для даної станції було обрано фермерське господарство в Дніпропетровській області (Рисунок 2.1) в якого є вільна площа, яку можна використати під фотоелектростанцію.



Рисунок 2.1-Розміщення фермерського господарства(вид згори)

Для початку треба розрахувати вихід можливого біогазу, спалюючи котрий отримаємо електроенергію, якою будемо вирівнювати подачу електроенергії від фотоелектростанції в мережу.

Свиноферма налічує  $N=800$  голів, системою утримання: боксова, у якості підстилки використовується солома, а як система гноєвідділення: самосплавна система. Розрахунок проводиться за загальновідомими формулами.

## 2.1 Розрахунок річного і добового виходу свинячого гною

Щоденний вихід екскрементів від свиней :  $m_{екс} = 15$  кг.

Для розрахунку щоденого виходу води при видаленні екскрементів з тваринницьких споруд, враховуємо коефіцієнт, який для самосплавної системи дорівнює  $K = 0,4$ .

2.1.1 Кількість води, що має потрапити за день у систему відділення (2.1):

$$m_{H_2O} = m_{екс} \cdot K = 15 \cdot 0,4 = 6 \text{ кг} \quad (2.1)$$

2.1.2 Кількість маси підстилки на добу на одну голову:

$$m_n = 1 \text{ кг}$$

2.1.3 Вихід біомаси з використанням підстилки на добу(2.2):

$$m_{гною} = N \cdot \frac{m_{екс} + m_{H_2O} + m_n}{1000} = 800 \cdot \frac{15 + 6 + 1}{1000} = 17,6 \text{ т} \quad (2.2)$$

2.1.4.1 Кількість біомаси, що надходить в метантенк(2.3):

$$m_б = m_{гною} \cdot 365 = 17,6 \cdot 365 = 6424 \text{ т} \quad (2.3)$$

## 2.2 Розрахунок впливу якісних параметрів біомаси на вихід біогазу

2.2.1 Вміст карбону та азоту в гною свиней(2.4):

Співвідношення карбону до азоту має бути 10, а вміст азоту  $N_a = 3,8\%$ .

$$N_c = \frac{m_{гною} \cdot 365 \cdot N_a}{100} = \frac{17,6 \cdot 365 \cdot 3,8}{1000} = 244; \quad (2.4)$$

$$C_2 = 244 \cdot 10 = 2440;$$

## 2.3 Визначення вологості вихідної біомаси

2.3.1 Відсоткове відношення підстилки та води в гнойовій біомасі(2.5):

$$P_B = \frac{m_{H_2O} \cdot 100}{m_{екс} + m_{H_2O} + m_n} = \frac{6 \cdot 100}{15 + 6 + 1} = 27,3 \% ; \quad (2.5)$$

$$P_n = \frac{m_n \cdot 100}{m_{екс} + m_{H_2O} + m_n} = \frac{1 \cdot 100}{15 + 6 + 1} = 4,5 \% ; \quad (2.5)$$

2.3.1 Відносна вологість посліду з гною свиней:  $W_{екс} = 88 \% ;$

2.3.2 Вологість підстилки:  $W_n = 17 \% ;$

2.3.3 Вологість біомаси, яка потрапляє в метантенк(2.6) :

$$W_{\text{гною}} = W_{\text{екс}} - (0,01 \cdot P_{\text{п}} \cdot (W_{\text{екс}} - W_{\text{п}}) + 0,01 \cdot P_{\text{п}} \cdot (100 - W_{\text{екс}})) = 81,5 \% ; \quad (2.6)$$

Оскільки вологість біомаси, що потрапляє у метантенк менше оптимальних значень (85-92%), то потрібно розвести водою.

2.3.4 Визначемо потрібну кількість води, яку треба додати для одержання оптимальної вологості  $W_{\text{опт}}=88\%$  (2.7) :

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{б}} \cdot (W_{\text{опт}} - W_{\text{гною}})}{100 - W_{\text{опт}}} = \frac{6424 \cdot (88 - 81,5)}{100 - 88} = 3480 \text{ т} ; \quad (2.7)$$

2.3.5 Визначення органічної і сухої речовини в біомасі(2.8):

$$\begin{aligned} m_{\text{срг}} &= \frac{m_{\text{гною}} \cdot 365 \cdot (100 - W_{\text{гною}})}{100} = \frac{17,6 \cdot 365 \cdot (100 - 81,5)}{100} \\ &= 1188 \text{ т} ; \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.3.6 Кількість органічної речовини(2.9):

$$m_{\text{сорг}} = \frac{m_{\text{срг}} \cdot v_{\text{сорг}}}{100} = \frac{1188 \cdot 73}{100} = 867,6 \text{ т} ; \quad (2.9)$$

$$m_{\text{сop}} = \frac{m_{\text{сорг}} \cdot v_{\text{сopг}}}{100} = \frac{867,6 \cdot 73}{100} = 633,3 \text{ т} ; \quad (2.9)$$

## 2.4 Визначення основних параметрів процесу метанового бродіння

2.4.1 Визначення обсягу завантаження та об'єму метантенка(2.10):

$\rho_{\text{гною}} = 1,08 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$  – густина гнойової біомаси при вологості 88%;

$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$  – густина води;

$$G_{\text{доб}} = \frac{\frac{365 \cdot m_{\text{гною}}}{\rho_{\text{гною}}} + \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}}{365} = \frac{\frac{365 \cdot 17,6}{1,08} + \frac{3480}{1}}{365} = 25,83 \text{ т}; \quad (2.10)$$

2.4.2 Необхідний об'єм бродильної камери(2.11):

$$V_{\text{бк}} = G_{\text{доб}} \cdot 33 = 25,83 \cdot 33 = 852,4 \text{ м}^3; \quad (2.11)$$

33- кількість днів бродіння;

2.4.3 Необхідний об'єм метантенка(2.12):

$\varphi=0,8$  – коефіцієнт заповнення

$$V_{\text{мет}} = \frac{V_{\text{бк}}}{\varphi} = \frac{852,4}{0,8} = 1065 \text{ м}^3; \quad (2.12)$$

2.4.4 Внутрішній діаметр(2.13) і висота метантенку(2.14):

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{мет}}}{\pi \cdot K_v}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1065}{\pi \cdot 0,9}} = 11,4 \text{ м}; \quad (2.13)$$

$$h_{\text{м}} = d_{\text{в}} \cdot K_v = 11,4 \cdot 0,9 = 10,3 \text{ м}. \quad (2.14)$$

2.4.5 Завантаження бродильної камери(2.15):

$$OLR = \frac{\frac{m_{\text{сop}}}{365}}{V_{\text{бк}}} \cdot 1000 = \frac{\frac{633,3}{365}}{852,4} \cdot 1000 = 2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{добу}}; \quad (2.15)$$

2.4.6 Річний можлий вихід біогазу(2.16):

$$\eta_{\text{гною}} = 450 \frac{\text{м}^3}{\text{т}};$$

$$V_{\text{біорік}} = \frac{m_{\text{срг}} \cdot v_{\text{сорг}}}{100} \cdot \eta_{\text{гною}} = \frac{1188 \cdot 73}{100} \cdot 450 = 390402 \text{ м}^3; \quad (2.16)$$

2.4.7. Вихід біогазу для нашої технології метанового бродіння(2.17):

$\eta_x = 0,6$  – ступінь зброджування субстрату або їх сумішей

$$V_{\text{біо}} = V_{\text{біорік}} \cdot \eta_x = 390402 \cdot 0,6 = 234200 \text{ м}^3; \quad (2.17)$$

## 2.5 Розрахунок енергетичного балансу процесу анаеробного бродіння

2.5.1 Кількість теплоти, що можна отримати при використанні біогазу на протязі місяця(2.18):

Розрахунок проводиться для грудня, результати за інші місяці представленні в таблиці 2.1.

$Q_n = 23$ - нижча теплота згорання біогазу, МДж/м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{бг}} = \frac{V_{\text{біо}}}{365} \cdot 31 \cdot Q_n = \frac{234200}{365} \cdot 31 \cdot 23 = 457600 \text{ МДж}; \quad (2.18)$$

2.5.2 Розрахунок тепла та енерговитрат в процесі отримання біогазу:

$C_p = 4,18$ - теплоємність субстрату,  $\frac{\text{МДж}}{\text{т} \cdot \text{К}}$ ;

$T_{\text{кр}} = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$  – температура зовнішнього середовища в грудні в Дніпропетровській області.

2.5.2.1 Втрати енергії на підігрів субстрату за день(2.19):

$$Q_{\text{добпід}} = m_{\text{гною}} \cdot C_p \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{кр}}) = 17,6 \cdot 4,18 \cdot (34 + 5) = 2869 \frac{\text{МДж}}{\text{добу}}; \quad (2.19)$$

2.5.2.2 Втрати енергії на підігрів установки за місяць(2.20):

$$Q_{\text{під}} = Q_{\text{добпід}} \cdot 31 = 88940 \frac{\text{МДж}}{\text{міс}}; \quad (2.20)$$



2.5.3 Величина втрат тепла з внутрішнього середовища:

$v_v=5,4$  м/с- середньо місячна швидкість вітру в грудні у Дніпропетровській області.

2.5.4 Коефіцієнт обміну теплоти на зовнішній поверхні метантенку(2.21):

$$\alpha_z = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{v_v} = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{5,4} = 27,9; \quad (2.21)$$

2.5.5 Термічний опір передачі тепла на зовнішній поверхні(2.22):

$$(2.1) \quad R_z = \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{27,9} = 0,036 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad (2.22)$$

$\delta_{\text{см}} = 0,006$  м- товщина стінок метантенка;

$\delta_{\text{із}} = 0,25$  м- товщина шару ізоляції в метантенці;

$\lambda_{\text{см}} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ - коефіцієнт провідності теплоти стінки метантенка з сталі;

$\lambda_{\text{із}} = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ - коефіцієнт провідності теплоти теплоізоляції з мінеральної

вати;

2.5.6 Термічний опір теплопровідності теплоізоляційного шару(2.23):

$$R_{\text{із}} = \frac{\delta_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} = \frac{0,006}{58} + \frac{0,25}{0,06} = 4,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad (2.23)$$

2.5.7 Коефіцієнт теплопередачі(2.24):

$$K_{\text{т}} = \frac{1}{R_{\text{із}} + R_z} = \frac{1}{4,2 + 0,036} = 0,24 \frac{\text{Вт}}{\text{К} \cdot \text{м}}; \quad (2.24)$$

2.5.8 Розрахунок площі основи метантенка(2.25):

$$S_{\text{осн}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 11,47^2}{4} = 103,3 \text{ м}^2; \quad (2.25)$$

2.5.9 Розрахунок площі бічної поверхні метантенка(2.26):

$$S_{\text{біч}} = \pi \cdot d_{\text{в}} \cdot h_{\text{м}} = \pi \cdot 11,47 \cdot 10,3 = 372 \text{ м}^2; \quad (2.26)$$

2.5.10 Розрахунок площі зовнішньої поверхні метантенка(2.27):

$$S_{\text{мет}} = 2 \cdot S_{\text{осн}} + S_{\text{біч}} = 2 \cdot 103,3 + 372 = 578,6 \text{ м}^2; \quad (2.27)$$

2.5.11 Кількість втрат тепла з внутрішнього середовища(2.28):

$$Q_{\text{ввт}} = K_{\text{т}} \cdot S_{\text{мет}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{кр}}) = 0,24 \cdot 578,6 \cdot (34 + 5) = 5368 \text{ Вт}; \quad (2.28)$$

2.5.12 З врахуванням того, що 1Вт·год становить 3600 Дж, втрати тепла від метантенку в довілля, що виражаються в МДж, розраховуються (2.29):

$$Q_{\text{вт}} = 0,0036 \cdot Q_{\text{ввт}} \cdot 720 = 0,0036 \cdot 5368 \cdot 720 = 13910 \text{ МДж}; \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{м}} = 0,05 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} - \text{питоме навантаження на мішалку};$$

$Z=5$  год – тривалість роботи мішалки;

2.5.13 Загальні втрати енергії на механічне перемішування біомаси в метантенку(2.30):

$$Q_{\text{мех}} = Q_{\text{м}} \cdot V_{\text{мет}} \cdot Z \cdot 3,6 \cdot 31 = 0,05 \cdot 1065,5 \cdot 5 \cdot 3,6 \cdot 31 = 29730 \frac{\text{МДж}}{\text{міс}}; \quad (2.30)$$

2.5.14 Сума втрат енергії для реалізації процесу протягом місяця(2.31)

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{під}} + Q_{\text{вт}} + Q_{\text{мех}} = 132584 \frac{\text{МДж}}{\text{міс}}; \quad (2.31)$$

2.5.15 Розрахунок кількості біогазу що необхідна для підтримання температурного режиму в середині метантенка(2.32):

$$V_{\text{бг}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{132584}{23} = 5765 \text{ м}^3; \quad (2.32)$$

2.5.16 Визначення виходу товарного біогазу(2.33):

$$V_{\text{тов}} = \frac{V_{\text{біо}}}{12} - V_{\text{бг}} = \frac{234242}{12} - 5765 = 13756 \frac{\text{м}^3}{\text{міс}}; \quad (2.33)$$

## 2.6 Розрахунки показників енергетичної ефективності біогазових установок

2.6.1 Кількість енергії, що можна продати(2.34):

$$Q_{\text{тов}} = V_{\text{тов}} \cdot Q_{\text{н}} = 13756 \cdot 23 = 316400 \text{ МДж}; \quad (2.34)$$

2.6.2 Розрахунок коефіцієнта товарності біогазу(2.35):

$$k_{\text{тов}} = \frac{Q_{\text{тов}}}{Q_{\text{бг}}} \cdot 100 = \frac{316400}{457573} \cdot 100 = 69,14\%; \quad (2.35)$$

2.6.3 Місячна заміна умовного палива(2.36):

$$B_{\text{уп}} = \frac{Q_{\text{тов}}}{29300} = \frac{316400}{29300} = 10,8; \quad (2.36)$$

2.6.4 Кількість можливої енергії на продаж за рік (2.37):

$Q_{\text{товрік}} = 4291100 \text{ МДж}$ - кількість можливої товарної енергії за рік;

$Q_{\text{ферм}} = 126000 \text{ МДж}$ - кількість необхідної енергії, яка потрібна для утримання свиноферми протягом року;

$$Q_{\text{продаж}} = Q_{\text{товрік}} - Q_{\text{ферм}} = 4291100 - 126000 = 4165100 \text{ МДж}; \quad (2.37)$$

## 2.7 Розрахунки зменшення викидів $\text{CO}_2$ в атмосферу протягом року

$$M_{\text{CO}_2} = V_{\text{біо}} \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 234242 \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 276874 \text{ м}^3. \quad (2.38)$$

Таблиця 2.1-Місячні показники енергетичної ефективності

Місяць	$T_{\text{вс}},$ °C	$V_{\text{віт}},$ м³/с	$Q_{\text{біогаз}},$ МДж	$Q_{\text{під}},$ МДж	$Q_{\text{вт}},$ МДж	$Q_{\text{бгтов}},$ МДж	$V_{\text{бг}},$ м³	$V_{\text{бгтов}},$ м³	К-сть днів	Rз	аз
Січень	-5	5,4	457600	88940	11391	316400	5765	13755	31	0,036	27,9
Лютий	-5	5,7	413300	80340	13920	325000	5391	14129	28	0,035	28,3
Березень	2	5,2	457600	72980	11420	334800	4962	14558	31	0,036	27,6
Квітень	9	5	442800	55180	8919	355100	4079	15440	30	0,037	27,3
Травень	19	4,4	457600	34210	5350	379700	3012	16507	31	0,038	26,3
Червень	22	3,8	442800	26480	4277	388500	2630	16890	30	0,040	25,2
Липень	22	3,7	457600	27370	4277	387600	2668	16851	31	0,040	25,0
Серпень	23	3,8	457600	25090	3922	390200	2554	16966	31	0,040	25,2
Вересень	19	4,1	442800	33110	5350	380800	2964	16555	30	0,039	25,8
Жовтень	12	4,6	457600	50170	7846	361200	3815	15705	31	0,038	26,6
Листопад	5	4,9	442800	64000	7610	344900	4525	14995	30	0,037	27,1
Грудень	-1	5,2	457600	79820	9186	326900	5306	14214	31	0,036	27,6
Всього:			5385900			4291100	47668	186565			

Виходячи з розрахунків наведених в таблиці 2.1, та враховуючи що газогенератор в середньому може згенерувати з  $1\text{ м}^3$  біогазу близько  $2\text{ кВт}\cdot\text{год}$ , можемо розрахувати кількість електроенергії виробленої біостанцією кожного місяця. Розрахунки наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2-Помісячний вихід електроенергії

Місяць	$V_{\text{бгтов}},$ $\text{м}^3$	$E,$ $\text{кВт}\cdot\text{год}$
Січень	13 755	27 510
Лютий	14 129	28 258
Березень	14 558	29 116
Квітень	15 440	30 021
Травень	16 507	30 117
Червень	16 890	30 130
Липень	16 851	30 102
Серпень	16 966	30 032
Вересень	16 555	29 990
Жовтень	15 705	29 610
Листопад	14 995	29 583
Грудень	14 214	28 428

Виходячи з даних які наведені в таблиці 2.2 можемо підібрати таку потужність фотостанції щоб її максимальний виробіток електроенергії протягом місяця був меншим або рівним виробітку біогазової установки у заданий період.

## 2.8 Вибір фотоелектричних модулів для фотоелектростанції

Порівняємо кілька фотоелектричних модулів від різних компаній-виробників, таких як : компанія Yingli Solar марка YingliYL320P-35b, компанія LG марка LG320N1C-G4, JA Solar фотомодуль марки JAM60S03-320/PR

Розглянемо перший варіант фотоелектричного модуля- компанія Yingli Solar марка YingliYL320P-35b. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики Yingli YL320P-35b

Характеристика	Позначення	Величина
<b>Електротехнічні характеристики</b>		
Макс. потужність, Вт	$P_{\max}$	321
Напруга н.х., В	$V_{oc}$	47
Макс. напруга, В	$V_{\max}$	36
Струм к.з., А	$I_{sc}$	9,17
Макс. струм, А	$I_{\max}$	8,65
ККД фотомодуль, %	$\eta$	16,49
<b>Механічні характеристики</b>		
Маса, кг	$m$	21
Довжина, мм	$l$	1961
Ширина, мм	$b$	993
Товщина, мм	$h$	41
<b>Робочі умови</b>		
Темпер. режим, °C	-40 - +85	
Вітрові навант. до, Па	2300	
Снігові навант. до, Па	5300	

YingliSolar довгий час знаходяться в Tier 1, вони займаються виробленням фотоелектричних перетворювачів, та науковими дослідженнями. Даний фотомодуль виготовляється з полікристалічних частин стандартного розміру 156x156 мм. Кожен фотоелемент оснащений 4 струмознімаючими доріжками, завдяки яким у модулі підвищується ККД, температурна стабільність і стійкість до мікротріщин.

Розглянемо наступний фотоелектричний модуль від виробника LG - LG320N1C-G4 (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики LG320N1C-G4

Характеристика	Позначення	Величина
<b>Електротехнічні характеристики</b>		
Макс. потужність, Вт	$P_{\max}$	322
Напруга н.х., В	$V_{oc}$	40,8
Макс. напруга, В	$V_{\max}$	33,3
Струм к.з., А	$I_{sc}$	10
Макс.струм, А	$I_{\max}$	9,54
ККД фотомодуль, %	$\eta$	19,6
<b>Механічні характеристики</b>		
Маса, кг	m	17
Довжина, мм	l	1650
Ширина, мм	b	1010
Товщина, мм	h	42
<b>Робочі умови</b>		
Темпер. режим, °С	-40 - +90	
Вітрові навант. до, Па	2500	
Снігові навант. до, Па	6600	

Обраний фотомодуль обладнаний системою, яка створена в використанні 12 струмовідних комірок з заокругленою основою, яка дає змогу зменшити втрати електроенергії при нагріванні фотомодуля. Сонячні промені, падаючи на одну з доріжок, заломлюються та падають на активну частину фотоелемента, відмінно від традиційних плоских доріжок, що відбивають сонячні промені.

Останній фотомодуль від компанії JA Solar JAM60S03-320/PR з технологією PERC та Half-Cell. Технічні характеристики моделі наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики JAM60S03-320/PR

Характеристика	Позначення	Величина
<b>Електротехнічні характеристики</b>		
Макс. потужність, Вт	$P_{\max}$	322
Напруга н.х, В	$V_{oc}$	40,23
Макс. напруга, В	$V_{\max}$	33,35
Струм к.з., А	$I_{sc}$	10,17
Макс. струм, А	$I_{\max}$	9,7
ККД фотомодуль, %	$\eta$	19,3
<b>Механічні характеристики</b>		
Маса, кг	$m$	18,6
Довжина, мм	$l$	1679
Ширина, мм	$b$	992
Товщина, мм	$h$	36
<b>Робочі умови</b>		
Темпер. режим, °С	-40 - +85	
Вітрові навант. до, Па	2500	
Снігові навант. до, Па	5500	

Перевагами даної моделі є його збільшена поглинаюча здатність (вищий ККД), зменшені втрати при частковому затіненні та висока стійкість до забруднень та механічних пошкоджень.

Зробивши аналіз отриманих даних, було обрано фотоелектричний модуль компанії JA, JAM60S03-320.[10] Його вигляд зображено на рисунку 2.1. Дана модель була обрана, спираючись на технології фотомодуля (PERC та Half Cell) та його габарити, що дозволять ефективно використати площу.



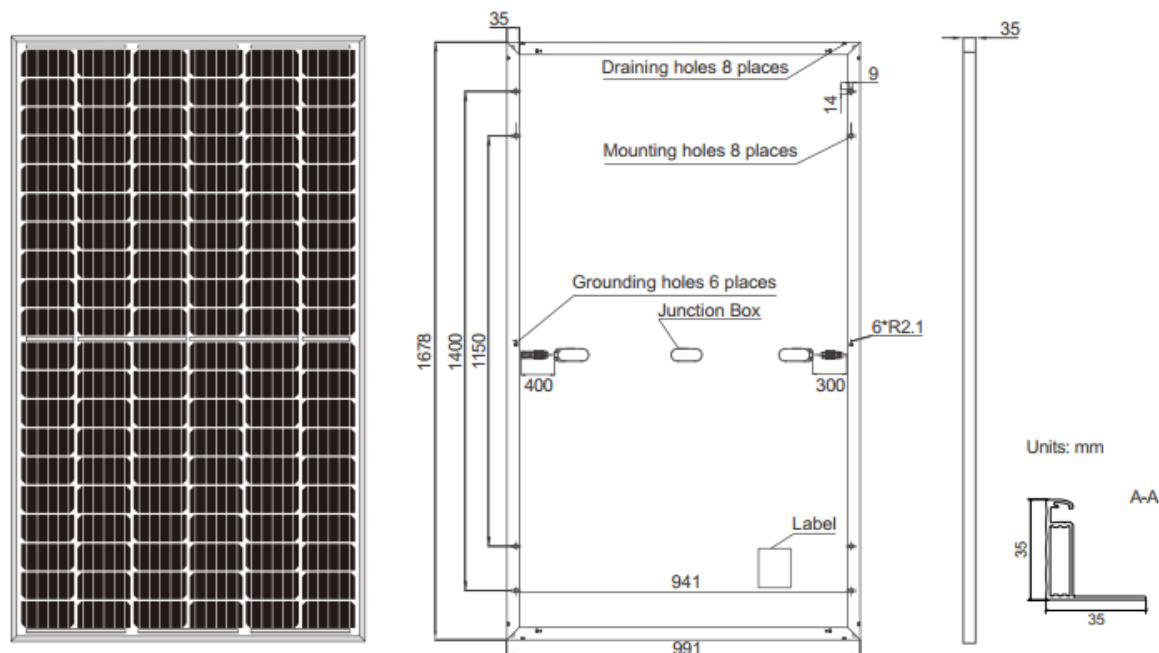


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд ФЕМ марки JAM60S03-320/PR

Для детального опису роботи фотоелектричних перетворювачів використовують графіки кривих - вольт-амперних характеристик (ВАХ). Для обраної фотоелектричної панелі ВАХ представлені на рисунку 2.2.

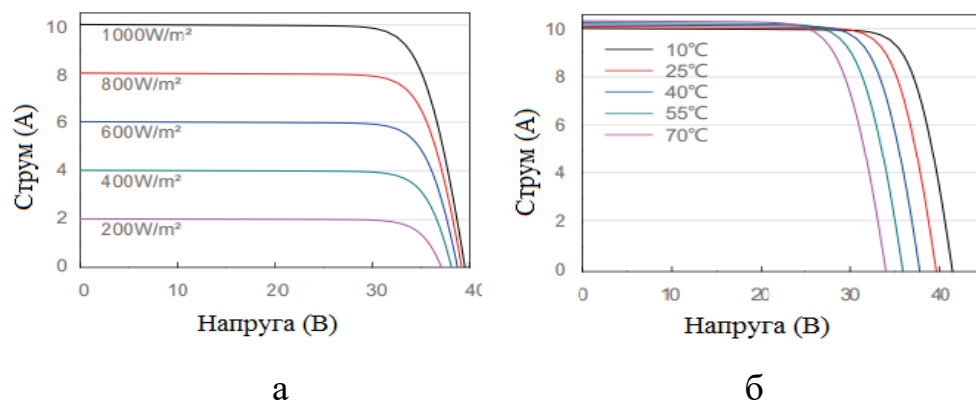


Рисунок 2.2– Графіки вольт-амперної характеристики для JAM60S03-320/PR а)при зміні сонячного випромінювання, б) при зміні температури навколишнього середовища

## 2.9 Розрахунок оптимального кута нахилу фотоелектричних модулів

Для обрахунку треба інформація про надходження сонячної радіації (таблиця 2.6) на горизонтальну для даної місцевості. та погодинну зміну сонячного кута (таблиця 2.7) [21]

Таблиця 2.6 – Інтенсивність сонячної радіації (кВт/м<sup>2</sup>)

Місяць	Тип радіації	Час					Альбедо, %
		6:30	9:30	12:30	15:30	18:30	
1	2	3	4	5	6	7	8
Січень	пряма	0	0,03	0,07	0,01	0	36
	дифузійна	0	0,1	0,18	0,06	0	
Лютий	пряма	0	0,08	0,15	0,04	0	38
	дифузійна	0	0,17	0,26	0,13	0	
Березень	пряма	0,03	0,19	0,25	0,12	0	16
	дифузійна	0	0,25	0,3	0,19	0	
Квітень	пряма	0,11	0,32	0,39	0,2	0	15
	дифузійна	0,02	0,28	0,34	0,23	0,02	
Травень	пряма	0,3	0,45	0,49	0,32	0	21
	дифузійна	0,1	0,32	0,37	0,26	0,07	
Червень	пряма	0,46	0,54	0,62	0,32	0,03	21
	дифузійна	0,17	0,33	0,34	0,27	0,1	
Липень	пряма	0,49	0,61	0,62	0,39	0,03	18
	дифузійна	0,16	0,29	0,33	0,27	0,1	
Серпень	пряма	0,38	0,51	0,61	0,35	0,01	19
	дифузійна	0,09	0,23	0,29	0,19	0	
Вересень	пряма	0,11	0,43	0,46	0,22	0	19
	дифузійна	0	0,23	0,29	0,19	0	
Жовтень	пряма	0,11	0,21	0,28	0,09	0	18
	дифузійна	0	0,2	0,23	0,12	0	
Листопад	пряма	0	0,2	0,09	0,01	0	30
	дифузійна	0	0,12	0,16	0,05	0	
Грудень	пряма	0	0,12	0,05	0	0	20
	дифузійна	0	0,09	0,14	0,03	0	

Таблиця 2.7– Градус сонячного кута в залежності від часу на 15 число кожного місяця

Місяць\Час	6:30	9:30	12:30	15:30	18:30
1	2	3	4	5	6
Січень	0	13,41	21,31	7,81	0
Лютий	0	20,42	20,81	15,41	0
Березень	2,5	30	40,4	23,6	0
Квітень	12,6	41,5	52,12	31,51	2,13
Травень	19,81	49,4	60,71	37,5	7,72
Червень	22,21	52,4	65,31	41,3	11,8
Липень	20	50,2	63,7	41,30	11,4
Серпень	14,80	44,30	56,20	35,80	6
Вересень	8,80	36,30	45,50	25,50	0
Жовтень	2	27,30	33,70	15,40	0
Листопад	0	18,30	23,90	7	0
Грудень	0	13	19,70	3,80	0

Для визначення сонячної радіації потрібно знати кут схилення – кут між напрямком на Сонце та площиною екватора. Зміна нахилу кута обраховується за формулою Купера (2.39):

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left( \frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \right) \quad (2.39)$$

де  $n$  – порядковий номер дня в році.

Далі треба розрахувати коефіцієнти транспозиції (2.40) щоб зробити перерахунок інтенсивності дифузної та прямої радіації :

$$R_B = \frac{\cos \theta}{\cos \Phi} , R_D = \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (2.40)$$

де  $\theta$  – кут між напрямком сонячного випромінювання і нормаллю похилої поверхні,  $\Phi$  – кут між напрямком сонячного випромінювання та нормаллю до горизонтальної поверхні,  $\beta$  – кут встановлення фотоелектричних панелей.

Кут  $\theta$  розраховується по формулі (2.41):

$$\cos \theta = \cos \beta \cdot \cos \alpha + \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos(z - z_s) \quad (2.41)$$

де  $\alpha$  – висота сонця,  $z$  – азимут сонця,  $z_s$  – азимут проекції нормалі площадки на горизонтальну площину.

Інтенсивність випромінювання, яка відбивається від поверхні ландшафту та попадає на похилу поверхню, обраховується за формулою (2.42):

$$I_{Rt} = \frac{(1 - \cos \beta) \cdot p \cdot (I_B + I_D)}{2} \quad (2.42)$$

де  $p$  – коефіцієнт відбиття (альбедо).

Сумарна радіація , що надходить на похилої поверхні буде рівною (2.43):

$$I_t = I_B \cdot R_B + I_D \cdot R_D + I_{Rt} \quad (2.43)$$

У даній роботі добова інсоляція розраховується на основі довідкових метеорологічних даних, тому вона визначається як сума середньогодинних значень інтенсивності випромінювання (2.44):

$$W_t = \Delta h \cdot \sum I_{(n,i)} \quad (2.44)$$

де  $\Delta h$  – інтервал серед сусідніми вимірюваннями (відліками),  $I_{(n,i)}$  - середнє значення радіації на  $n$ -ий день для  $i$ -го відліку.

Розрахунки , які були проведені для кутів  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  та  $45^\circ$  наведені в таблиці 2.8 та зображені на рисунку 2.3

Таблиця 2.8 –Добова інсоляція на 15-е число кожного місяця, кВт·год/м<sup>2</sup>

Місяць	Кут нахилу		
	15°	30°	45°
1	2	3	4
Січень	1,130	1,290	1,40
Лютий	1,990	2,260	2,460
Березень	3,210	3,490	3,630
Квітень	4,440	4,660	4,660
Травень	5,990	6,090	5,950
Червень	7,050	7,030	6,710
Липень	7,180	7,180	6,850
Серпень	6,040	6,280	6,220
Вересень	4,740	5,190	5,390
Жовтень	2,010	1,940	1,810
Листопад	1,780	2,130	2,360
Грудень	1,260	1,540	1,760

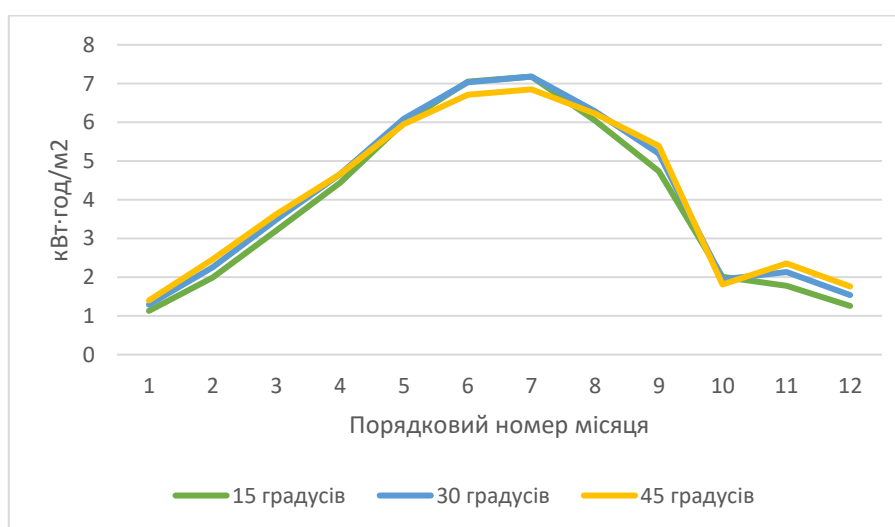


Рисунок 2.3 – Профілі інсоляції, які були розраховані для місяців, та інтерпольовані на кожний день року

Розрахунок генерації енергії проводиться за заданою формулою (2.7)

$$E_{pv} = \eta_{pv} \cdot W_t \cdot S \quad (2.7)$$

де  $\eta_{pv}$  – ККД фотопанелей,  $S$  – сумарна площа фотопанелей, які мають оптимальний кут нахилу  $\beta$ .

Для розрахунків треба враховувати координати Сонця (рисунок 2.4) [21], та порахувати необхідну кількість можливих установлених панелей. Що вплине на загальний виробіток фотоелектричної станції.

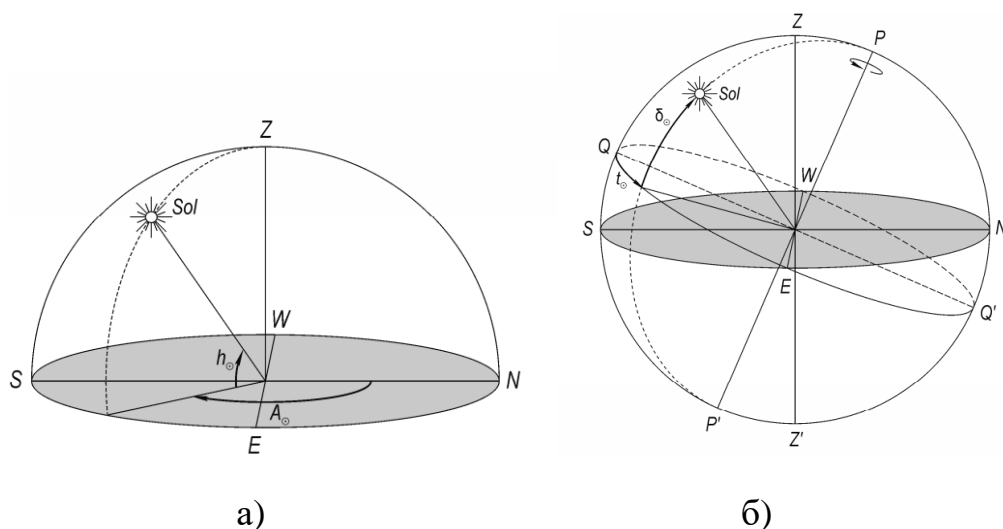


Рисунок 2.4 – Координати Сонця: а) – горизонтальні, б) - екваторіальні

Для даної роботи по місячним показникам виробітку електроенергії було обрано 450 панелей. Результати виробітку річної енергії за рахунок фотостанції наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Загальний виробіток електроенергії ФЕС

Кут нахилу	Річний виробіток, МВт·год
15°	202
30°	211
45°	212

З даних таблиці 2.9 визначимо приблизну потужність, яку може виробляти майбутня ФЕС:

$$P_{sum} = N \cdot P_1 = 450 \cdot 320 = 144 \text{ кВт}$$

де  $P_1$  – потужність одного фотомодуля.

З таблиці 2.9 бачимо, що найбільша генерація енергії в продовж року отримали при куті 45°, та з рисунка 2.3 бачимо що більш згладжений графік теж при 45°. Тому для даної роботи найоптимальніший кут нахилу фото панелей - 45°.

Розрахувавши виробіток електроенергії за допомогою фотоелектростанції та біогазової установки, можемо зробити суміщений графік роботи(рисунк2.5), на якому бачимо що при мінімальному виробітку електроенергії фотоелектростанцією, за рахунок біогазової установки можемо вирівняти графік

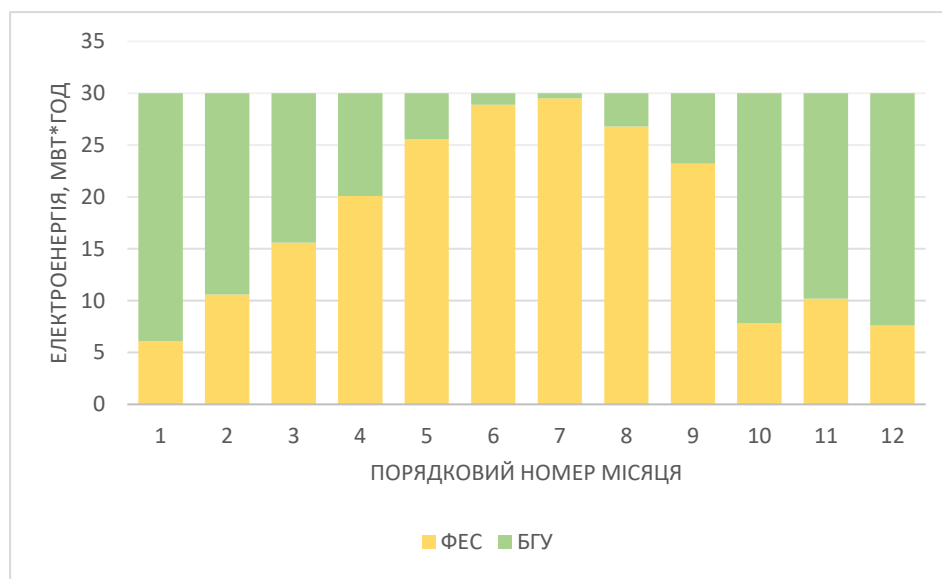


Рисунок 2.5- Графік виробітку ФЕС та БГУ

### **2.10 Висновок до другого розділу**

В даному розділі було проаналізовано профіль інсоляції та обрано кут нахилу панелей  $45^\circ$  при якому виробіток електроенергії ФЕС за рік становить 212 МВт·год, що на 8 МВт·год більший, ніж при куті нахилу  $15^\circ$  та на 1 МВт·год, ніж при куті  $30^\circ$ .

Розрахований виробіток електроенергії біогазовою установкою, для фермерського господарства в Дніпропетровській області, становить 352 МВт·год на рік.



### **РОЗДІЛ 3**

## **ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ БІО-ФОТОСТАНЦІЇ**




### 3.1 Елементи біогазової установки

Основними елементами біогазової установки є біореактор і резервуар для збору газу - газгольдер, також важливими елементами є пристрої для нагріву і перемішування, а також пристрої управління. Згідно з розрахунками з попереднього розділу підбираємо елементи конструкції, які будуть відповідати потребам. Основні елементи біогазової установки наведені в таблиці 3.1.




Таблиця 3.1- Комплектація БГУ

№	Назва обладнання	Примітка	Умовне зображення	Ціна, тис. грн.
1	2	3	4	5
1	Приймальна ємність, $V=15 \text{ м}^3$	Має мішалку та насос		150
2	Біореактор, $V=1000 \text{ м}^3$	Має мішалку, теплоізоляцію та насос		2330
3	Газгольдер, $V= 400 \text{ м}^3$	Полімерний з мембраною		690

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
4	Колона очистки біогазу від сірководня			270
5	Колона висушування біогазу			110
6	Газовий генератор N=80 кВт.			1131
	Газовый котел РИВНЕТЕРМ-56	Одноконтурный		28

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
7	Біогазовий компресор	Вибухозахищений		80
	Сепаратор			400
8	Електричне обладнання та матеріали			200
9	Труби і арматура			300
10	Інструменти та вимірювальні прилади			200
11	Система автоматичного керування			400
12	Система блискавкозахисту			50
	Всього:			6339

Таблиця 3.2- Технічні характеристики газового генератора Generac SG100

Газ, який використовується	Природний( біогаз)
Тиск газу (біогазу), кПа	1,25-3,5
Об'єми газу (Біогазу), м <sup>3</sup> /год	21,6/29,5/37,8
Рівень шуму, дБ	66
Тип двигуна	V-образний
Запуск	електростатор
Генератор типу	синхронний
Максимальна потужність, кВт	80
Вихід струму, А	144
Розміри. В*Ш*Г, мм	1611*1042*3913
Вага, кг	132
Країна-виробник	США






### 3.2. Елементи фотостанції

Основні елементи фотоелектростанції наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3- Основні частини фотостанції

№	Назва обладнання	Умовне зображення	Кількість	Ціна, грн.
1	2	3	4	5
1	Фотомодулі		450	1 750 050
2	Інвертор		2	191 174

Продовження таблиці 3.3

3	Кабель для з'єднання модулів		1500 м	10 500
4	Кабель мережевий		360	230 000
5	Запобіжник для фотомодулів		9	180
6	Запобіжник для інвертора		8	6 568
7	Кріплення		9	256 608
	Монтажні роботи			244 508
	Всього			2 689 588

### 3.2.1 Вибір інвертора

Для підключення СЕС до мережі потрібно використовувати інвертор, який зможе перетворювати потужність фотоелектричних модулів. По всіх перерахованих вище характеристикам був обраний інвертор ACRUX-50K-TM від Altek. Характеристики обраного інвертора наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики інвертора Altek, ACRUX-50K-TM.

Назва характеристики	Значення
ККД інвертора, %	98,6
Вхідні параметри	
Кількість МРР трекерів, шт	3
Максимальна кількість вводів	12
Макс. струм на кожен МРРТ, А	22
Макс. струм КЗ на кожен МРРТ, А	36
Вхідна напруга, В	480-800
Номінальна вхідна напруга, В	620
Напруга МРР трекера, В	250
Вихідні параметри	
Номінальна вихідна потужність, кВт	50
Вихідний струм, А	72
Напруга мережі, В	380/220
Частота, Гц	50
Вага, кг	67
Габарити, мм	639/1000/260

### 3.2.2 Вибір кабелю

За формулою (3.1) визначаємо струм в кабелі, через який буде передаватись вироблена електроенергія від СЕС до зовнішньої мережі:

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{110\,000}{380 \cdot \sqrt{3}} = 218,8 \text{ (A)} \quad (3.1)$$

Знаючи струм, ми можемо визначити необхідний його переріз[21] (таблиця 2.9).

Таблиця 3.4 – Площі перерізу мідного кабелю в залежності від струмів

Переріз струмопровідної жили, мм <sup>2</sup>	Струм, А	Потужність, кВт
1,5	15	10,5
2,5	24	16,5
4	31	19,8
6	41	26,4
10	51	33,0
16	76	49,5
35	135	29,7
70	180	118,8
<b>95</b>	<b>220</b>	<b>145,2</b>

Було обрано кабель з перерізом 95х3 мм<sup>2</sup>, марки ВВГ 3х95.

Для з'єднання панелей до зовнішньої мережі обрано мідний трьохжильний кабель перетином 95 мм<sup>2</sup> компанії Мега-кабель. Загальна довжина кабелю складає близько 360 м.



Для того щоб з'єднати панелі між собою було обрано мідний одножильний кабель 4 мм<sup>2</sup> TUV Solar. Загальна довжина такого кабелю складає близько 1500 м.

### 3.2.3 Вибір кріплення фотоелектричних модулів

Для роботи було обрано систему кріплення фірми metalvis з алюмінію, для всіх типів ґрунтів, з можливістю вибору кута нахилу фотоелектричних модулів.

### 3.2.4 Вибір запобіжників

При виборі запобіжників для фотомодулів, критерієм є максимальний струм, що може протікати через них. У нашому випадку це значення дорівнює 9,6 А (дані взяті з таблиці 2.5). Необхідно підібрати запобіжник зі струмом вимикання 10А. Було обрано запобіжник типу D01 фірми ETI. Необхідна кількість запобіжників – 9шт.

Вибір запобіжника для інвертора заснований на аналогічному принципі. Згідно з технічними характеристиками Altek, ACRUX-50K-TM, максимальний вихідний струм складає 72 А. Запобіжник ETI типу NV-NH 3C / 72А обраний в кількості 8 шт. Номінальний струм цього запобіжника становить 50 А. Цей запобіжник повинен бути встановлений на кожній фазі інвертора і на нейтральному проводі.

## 3.3 Висновки до третього розділу

В даному розділі було обрано обладнання для біогазової установки та фотоелектростанції. Можемо бачити що дана станція потребує великих капітальних втрат, через те що біореактор має великі розміри та фотостанція має багато фотомодулів, що впливає на вартість станції.

## **РОЗДІЛ 4**

### **ПРИЄДНАННЯ ДО ЗОВНІШНЬОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ БІО- ФОТОСТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ**

## 4.1 Електричні схеми приєднання

### 4.1.1 Електрична схема з'єднання фотоелектричних панелей до інвертора

Для нормальної роботи фотоелектричної станції необхідно правильно з'єднати фотоелектричні панелі до інвертора. Треба щоб сумарна напруга послідовно підключених панелей не перевищувала допустиму напругу на кожному вході інвертора. Сума струмів в паралельних з'єднаннях не має перевищувати допустиму норму. Тому з'єднуємо послідовно 25 панелей в 9 паралелей, та кожен ряд підключаємо до одного з стрінгів інвертора. В сумі отримуємо що до одного інвертора під'єднується 225 панелей, всього інверторів 2, тому панелей 450. На рисунку 4.1 наведено схему підключення панелей до інвертора.

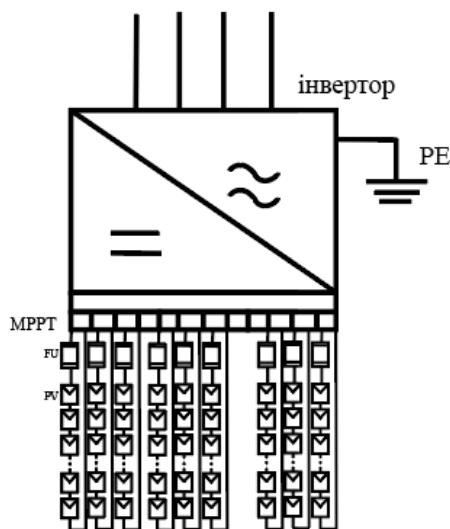


Рисунок 4.1-Електрична схема з'єднання фотоелектричних панелей з інвертором

### 4.1.2 Схема приєднання біо-фотостанції до зовнішньої мережі

Щоб з'єднати станцію з зовнішньою мережею необхідно знайти точку з'єднання. На рисунку 4.2 вказано найближчу ТП.



Рисунок 4.2.-Розташування трансформаторної підстанції

Щоб під'єднати станцію до зовнішньої мережі необхідно близько 360 м. На рисунку 4.3 зображено електричну схему під'єднання до мережі.

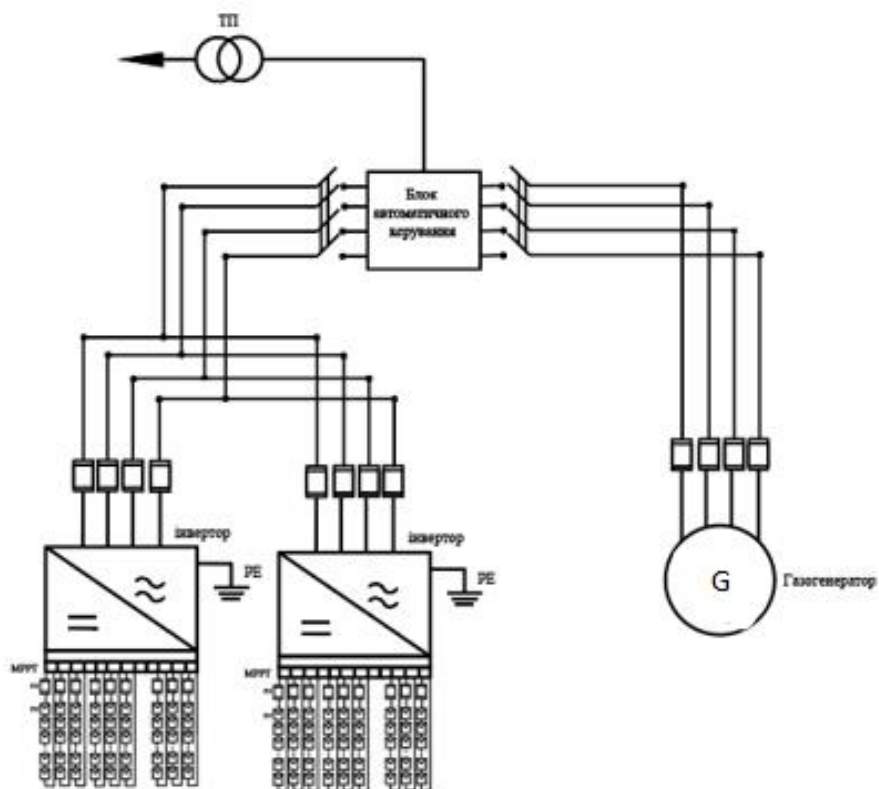


Рисунок 4.3-Електрична схема під'єднання до зовнішньої мережі

## 4.2 Економічний розрахунок

Відповідно до розрахунків, комплексна біо-фотостанція має видавати в мережу 30 кВт·год в місяць. Отже в рік 360 кВт·год.

Тариф на продаж електроенергії складає 0,13 євроцентів це 4,3 грн. Дохід від продажу електроенергії в мережу складатиме 1 544,4 тис. грн в рік.

Також з біогазової установки є відходи, які можна продавати як біодобрива:

Вихід твердого добрива за рік:

$$\text{БДт} = m_{\text{б}} \cdot \frac{W_{\text{р}} - W_{\text{гною}}}{W_{\text{р}} - W_{\text{ш}}} = 6424 \cdot \frac{98 - 88}{98 - 87} = 5840\text{т}$$

$W_{\text{р}}$  - вологість рідкої фракції, % (98-99);

$W_{\text{ш}}$ -вологість твердого добрива, 87%;

Вихід рідкого добрива за рік:

$$\text{БДр} = m_{\text{б}} \cdot \frac{W_{\text{гною}} - W_{\text{ш}}}{W_{\text{р}} - W_{\text{ш}}} = 6424 \cdot \frac{88 - 87}{98 - 87} = 584\text{т}$$

Ціна на тверде добриво 200 грн за тону, отже дохід буде твердого біодобрива  $5\,840 \cdot 200 = 1\,168$  тис. грн на рік

Ціна на рідке паливо приблизно коштує за 1л- 14 грн, ціна за рік  $584\,000 \cdot 14 = 8\,176$  тис. грн на рік.

Витрати на обладнання та на монтажні і будівельні роботи вказані в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Економічний розрахунок

№	Назва	Ціна Тис.грн
1	2	3
1	Вартість обладнання для БГУ-1000, з ПДВ	6 339
	Вартість фотостанції	2 689
2	Вартість проектних, пуско-налагоджувальних, будівельно-монтажних, робіт та транспортних робіт	440

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
	Витрати на обладнання для пакування біодобрив	1 257
3	<b>Всього:</b>	<b>10 725</b>
4	Продаж електроенергії	1 544
5	Продаж добрив	1 168
6	Продаж рідкого біодобрива	817,6
7	<b>Всього:</b>	<b>3 530</b>

Термін окупності 3 роки

Якщо не врахувати продаж рідких та твердих біодобрив, та втрати на обладнання та фасування, то термін окупності буде складати 6 років.

#### 4.3 Екологічний вплив

Вплив на навколишнє середовище в основному виникає під час будівництва станції. Забруднюючим фактором є будівельна техніка та матеріали. При експлуатації вплив на навколишнє середовище відсутній. Також при використанні біогазової установки викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу зменшуються.

При спалюванні 1 м<sup>3</sup> природного газу утворюється 1,97 кг діоксиду вуглецю. Добре відомо, що 1 м<sup>3</sup> біогазу еквівалентний кількості тепла, що виділяється при повному згорянні кількості палива (теплотворна здатність) рівна 0,6 м<sup>3</sup> природного газу. З огляду на це зниження викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище при заміні природного газу біогазом, отриманим від біогазової установки, розраховане відповідно до завдання, складе:

$$M_{CO_2} = V_{bio} \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 234242 \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 276874 \text{ м}^3. \quad (2.38)$$

Завдяки використанню БГУ, згідно вихідних даних, в майбутньому дозволить скоротити викиди в атмосферу вуглекислого газу на 276874 м<sup>3</sup>.

#### **4.4 Висновки до четвертого розділу**

В даному розділі було розраховано термін окупності станції та її вплив на навколишнє середовище. Можемо бачити що станція може окупитись за три роки продаючи додатково біодобрива або за шість якщо не займатись продажом добрив. Станція не несе поганого впливу на навколишнє середовище при її експлуатації, а ще й зменшує викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу.

## **РОЗДІЛ 5**

### **РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЄКТУ**



## 5.1 Технологія використання біогазової установки для регулювання виробітку електроенергії.

Використання біогазової установки як регулятора виробітку електроенергії, дасть змогу вирівнювати виробіток електроенергії від нестабільних джерел енергії. На сьогоднішній день країни потребують більше маневрених електростанцій, так як зростають потужності відновлюваних джерел енергії, виробіток яких залежить від погодних умов. Тому є потреби в використанні станцій, виробіток яких можна регулювати.

### 5.1.1 Опис ідеї проекту

В даному підрозділі аналізується та подається в табличному вигляді:

- зміст ідеї;
- можливості та напрямки застосування;
- основні переваги для користувача послугою;

Три перші пункти представлені в таблиці 5.1, так як вони дадуть загальне уявлення про зміст ідеї та місце застосування.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<b>Зміст ідеї</b>	<b>Напрямок застосування</b>	<b>Переваги для користувача</b>
Ідея полягає в регулюванні виробітку електроенергії.	Фотоелектричні станції, Вітроенергетичні станції	Постійна і рівномірна подача електроенергії в мережу

### 5.1.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Основними конкурентами даної технології є ТЕС.

Для розуміння того, чим буде відрізнятися застосування біогазової установки для регулювання виробітку електроенергії від існуючих систем, було приведено аналіз переваг:

Порівняно з пропозиціями конкурентів, передбачає:

- нижча ціна на установку та обладнання
- екологічність застосування даної технології
- нижча ціна на сировину
- нижча ціна на транспортування сировини

### 5.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для реалізації даної ідеї – використання біогазової установки для регулювання електроенергії, потрібно, встановити біогазову установку біля станції виробіток електроенергії якої потрібно регулювати. Також потрібно встановити автоматичну систему керування, яка вирішить проблему контролю та регулювання подачі електроенергії від біогазової установки.

В таблиці 5.2 представлено технологічне здійснення ідеї стартап-проекту.

Таблиця 5.2 – Технологічне здійснення проекту

№	Ідея	Технологія реалізації	Наявність технології
1	Регулювання виробітку електроенергії	Встановлення біогазової установки	+
2	Регулювання виробітку електроенергії	Встановлення автоматичної системи керування	+
Для реалізації проекту по автоматичному регулюванні та контролю системи необхідно виконати вищезазначені пункти			

Проаналізувавши таблицю, можемо зробити висновок що технологічно реалізація даного проекту можлива.

### 4.1.3 Аналіз можливостей ринку для запуску стартап- проекту

Основним напрямком розвитком даного проекту та головним потенційним клієнтом. є держава. Адже, з приростом відновлюваних джерел енергії, треба збільшувати балансуєчі станції. На сьогоднішній день це відбувається за

допомогою ТЕС, які не пристосовані до роботи в маневрених режимах. Також використання біогазових станцій в якості регулятора виробітку електроенергії мало б більше підтримки в еко активістів, оскільки для роботи ТЕС потрібне викопне паливо, що забруднює навколишнє середовище.

На рисунку 5.1 та таблиці 5.3 наведено порівняльна характеристика вартості 1 МВт·год виробленої електроенергії за рахунок ТЕС та БГУ.

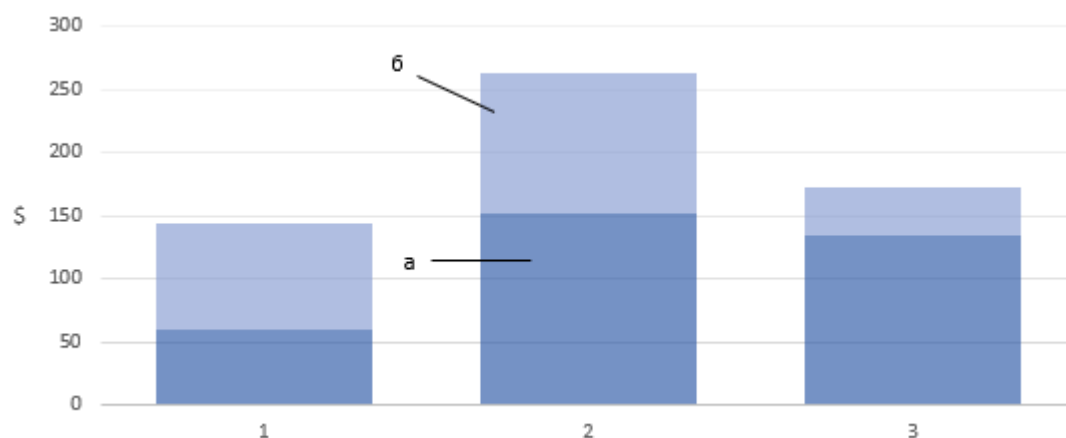


Рисунок 5.1- Вартість 1 МВт год виробленої електроенергії при спалюванні:

1 – вугілля, 2 - природний газ, 3 - біогаз.

а) мінімальна ціна, б) максимальна ціна

Таблиця 5.3- Вартість 1 МВт·год виробленої електроенергії за рахунок ТЕС та БГУ

ТЕС на вуглі	60-143 \$
ТЕС на природньому газі	152-266\$
БГУ	134-172\$

Електроенергія вироблена біогазовою станцією дешевша за електроенергію вироблену ТЕС на природньому газі на 1,2-1,5 разів

На рисунку 5.2 та в таблиці 5.4 наведена кількість викидів  $\text{CO}_2$  з ТЕС та БГУ при виробленні  $1\text{ кВт}\cdot\text{год}$  електроенергії..

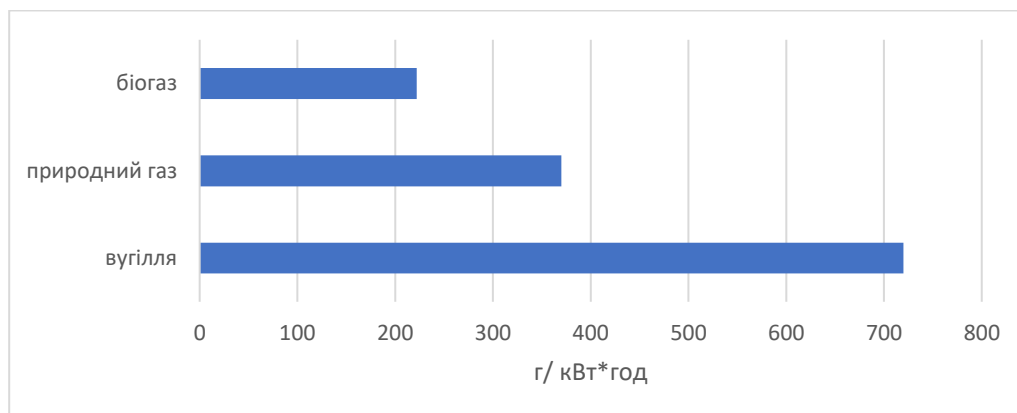


Рисунок 5.2- Кількість викидів  $\text{CO}_2$

Таблиця 5.4 – Кількість викидів  $\text{CO}_2$  для різних станцій

ТЕС на вугіллі	720 г/ кВт·год
ТЕС на природньому газі	370 г/ кВт·год
БГУ	222 г/ кВт·год

При використанні біогазової установки викиди  $\text{CO}_2$  в атмосферу значно зменшуються, а саме в 1,7 рази порівняно з ТЕС на природньому газі та в 3,3 рази при використанні ТЕС на вугіллі.

Також при використанні БГУ значно зменшуються викиди вуглецю та сірки, адже на них встановлюють очисні споруди від даних елементів.

## 5.2 Висновки до п'ятого розділу

Отже, система автоматичного регулювання та контролю, дає можливість керувати системою та вирівнювати показники електроенергії перед подачею її в мережу. Дана технологія є дуже перспективною адже розвиток відновлюваної енергетики зростає з кожним роком. Хоча ціна за  $1\text{ кВт}$  встановленої потужності комплексної біо-фотостанції є більшою, проте вона не потребує затрат на купівлю та транспортування сировини, що є основною проблемою для

ТЕС.Порівнюючи екологічні аспекти, біо-фотостанція в 1,7 разів менше виробляє вуглекислого газу ніж ТЕС на природньому газі, що є дуже важливим параметром на сьогоднішній день

## **РОЗДІЛ 6**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА**

## 6.1 Робота з біогазовими установками

Біогаз визначається в ст. 1 Закону «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 № 1391-XIV. За визначенням, біогаз - це газ, отриманий з біомаси, використовуваної в якості палива.

Біогаз виділяється при ферментації органічних речовин без доступу повітря і є легкозаймистою і вибухонебезпечною речовиною. Поряд з біогазом утворюються також різні хімічні речовини, які є відходами виробничого процесу. Багато установок працюють під тиском. Саме тому для забезпечення безпеки співробітників необхідно строго дотримуватися зазначеного режиму, постійно контролювати роботу устаткування, залишати його без нагляду.

У біогазових установках використовуються в основному сільськогосподарські субстрати, такі як гній і стійловий гній або енергетичні культури (кукурудза, жито, цукрові буряки і т. Д.). Інші субстрати - це побічні продукти переробної промисловості. До них відносяться, наприклад, відходи виробництва пива (гранули), спирту (барда), біодизеля (ріпаковий шрот, сирий гліцерин), переробки картоплі (м'якоть), виробництва цукру (буряк, патока) і побічні продукти переробки фруктів. (видобуток). Крім того, при виробництві біогазу використовуються органічні побутові відходи. Всі ці субстрати розкладаються по одному і тому ж принципу в чотири стадії в ферментерах під впливом мікроорганізмів на біогаз. Вироблений біогаз збирається з використанням відповідного технічного обладнання та або спалюється безпосередньо на блоці ТЕЦ, або збагачується до биометана (очищений біогаз) [8].

При проектуванні біогазової установки розробляються заходи щодо забезпечення безпеки виробничого персоналу при експлуатації пристроїв, засобів автоматизації, розподільних пристроїв системи автоматизації відповідно до державними актами, які забезпечують додержання

При експлуатації обладнання для виробництва біогазу та його використанні необхідно враховувати вибухонебезпечність метану. Може вибухнути виникає, коли метан змішується з повітрям в співвідношенні від 5 до 15% за обсягом. При протіканні, при наявності вентиляції газ без наслідків випаровується. Тому на метановій установці і в околицях необхідно суворо дотримуватись заходів безпеки, необхідні для запобігання загоряння та вибуху.

Біогаз також містить сірководень ( $H_2S$ ) і діоксид вуглецю ( $CO_2$ ). Сірководень, якщо він становить небезпеку для здоров'я людини, міститься в невеликих кількостях і легко виявляється по неприємного запаху. Оскільки питома маса сірководню більше маси повітря, необхідно звернути увагу на те, щоб при витоку цей газ не міг накопичуватися в поглибленнях. У високих концентраціях він притупляє сприйняття запаху, що ускладнює його виявлення і може привести до смертельного отруєння, але ще раз можна відзначити, що частка сірководню в біогазі дуже мала і становить не більше 1%. Вуглекислий газ входить до складу біогазу, він також може накопичуватися в глибоких нішах, тому що він також важчий за повітря, при наявності витоків в установці виникає ризик задухи [9].

## **6.2 Робота з фотоелектричними установками**

Для запобігання ураження електричним струмом при нормальній роботі слід застосовувати окремо або в комплексі заходів захисту від прямого контакту [20]:

- ізоляція (основних) струмоведучих частин;
- паркани і кожухи в електроустановках;
- бар'єри в електроустановках;
- розташування струмоведучих частин в зоні досяжності людей;



- розташування струмоведучих частин на недоступною висоті або в недоступному місці;
- блокування безпеки в ФЕУ.

Захист від прямого контакту не вимагається у випадках, коли номінальну напругу електроустановки не перевищує:

- 25 В переміного струму або 60 В постійного струму, якщо електрообладнання працює в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом;
- 6В змінного струму або 15В постійного струму при розміщенні електроустановки в небезпечних або особливо небезпечних приміщеннях.

Струмопровідні частини ЄС повинні бути недоступні для випадкового помилкового прямого контакту з ними [20].

### **6.3 Заходи безпеки**

6.3.1. Газгольдери повинні розташовуватися на достатньому видаленні від житлових будинків, складів і доріг загального користування. Допускаються мінімальні відстані: від будинків з м'якою покрівлею - 10 м; від будинків з жорстким дахом - 5 м.

6.3.2. Забороняється палити і розводити багаття біля бензобаків (в радіусі 10 м). Встановлено спеціальні таблички з відповідними написами.

6.3.3. Регулярно перевіряйте рівень води в баку газгольдера циліндричного типу. Взимку необхідно не допускати утворення крижаної кірки. Ремонт резервуарів і трубопроводів повинен проводитися тільки фахівцями (організацією виробників обладнання), що особливо важливо при всіх роботах, які виконуються з відкритим полум'ям і зварюванням на газгольдерах і трубопроводах [22].

6.3.4. Запобігання викиду метану і його змішування з повітрям в замкнутому просторі включає забезпечення герметичності газопроводів і вентиляцію редукційних клапанів з виходом повітря.

6.3.5. Видалення повітря з газопроводів здійснюється пропусканням по ним газу перед його використанням.

6.3.6. Вогнегасники встановлюються на газопроводах, що проходять поблизу газових установок.

6.3.7. Забезпечення відповідної вентиляції в районі газопроводів.

6.3.8. Під стелею кімнати обладнати вентиляційний отвір для виходу газу, щільність якого менше щільності повітря.

6.3.9. Прокладати газопроводи з позитивним або зворотним ухилом, обладнання повинно розташовуватися на нижньому кінці водовіддільну лінії (біогаз містить водяну пару).

6.3.10. захищати газопроводи і особливо водороздільники і вогнегасники від замерзання, так як це може перервати подачу газу, пошкодити газопровід і привести до значного підвищення тиску в метантенке або газгольдері, розрахованому на низький тиск. [22]

6.3.11. Усунення всіх потенційних джерел іскріння із зони біогазової установки і газопроводів.

6.3.12. Резервуари для зберігання газу, призначені для наповнення балонів, повинні бути розраховані на тиск 170 кг / см<sup>2</sup>.

#### **6.4 Вимоги до технічного обслуговування установки**

6.4.1. Проходить навчання з охорони праці на робочих місцях. Інструктаж заноситься в журнал з обов'язковим підписом проінструктованих робітників і особи, яка проводила інструктаж.

6.4.2. Тренінги з охорони праці з обслуговуючим персоналом слід проводити щодня перед зміною роботи. Особи, які виконують ремонтні роботи на біогазову установку, проходять медичний огляд не рідше одного разу на 6 місяців. Вагітним жінкам не дозволяється працювати з обслуговування біогазової установки.

6.4.3. При роботі з біогазової установкою необхідно враховувати вибухонебезпечність метану і стежити за герметичністю газгольдера і його комунікаціями. При виявленні витоку газу роботи необхідно припинити, усувати несправність повинні тільки фахівці, що мають дозвіл на роботу з вибухонебезпечними речовинами.

6.4.4. Порожні резервуари і резервуари біогазової установки перевіряються як мінімум двома фахівцями, знаючими заходи безпеки, і забезпечуються шланговими протигазами, гумовими рукавичками та страхувальними тросами. Після роботи необхідно провітрити спецодяг в спеціально відведеному приміщенні [7].

## **6.5 Охорона довкілля**

6.5.1. Біомасу слід зберігати в місцях, що виключають викиди метану в навколишнє середовище. Рідкий гній зберігається з дотриманням вимог.

6.5.2. При бродінні і зберіганні кінцевих продуктів запобігають викиди біогазу та його компонентів (вуглекислий газ, сірководень і ін.), Витік рідкої фракції субстрату в навколишнє середовище.

6.5.3. Речовини, що використовуються в БГУ в якості біомаси, а саме: ил стічних вод, біологічні зрадники твердих побутових відходів та ін., Які можуть бути джерелом патогенної мікрофлори, перед ферментацією підлягають санації, що полягає в дотриманні біомаси протягом однієї години при температурі 70 ° C

## **.6.6 Пожежна безпека**

6.6.1 Територія енергетичного підприємства повинна постійно утримуватись в чистоті, прибиратись від горючих відходів. Забороняється захаращувати матеріалами й обладнанням проїзди навколо будівель і дороги.

6.6.2 Уся територія енергетичного підприємства повинна мати капітальну огорожу висотою не менше 2 м й обладнані контрольно-перепускні пункти, а також зовнішнє освітлення відповідно до діючих норм.

6.6.3 До всіх будівель і споруд підприємства повинен бути забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будівлями, спорудами, майданчиками для зберігання матеріалів, складів вугілля повинні відповідати вимогам будівельних норм

6.6.4 Будівництво на території підприємств нових будівель і споруд (у тому числі тимчасових) може здійснюватись тільки за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу в органах державного пожежного нагляду на відповідність нормативним актам з пожежної безпеки. Не дозволяється добудовувати до будівель з огорожувальними металоконструкціями комори з горючим полімерним утеплювачем, майстерні та інші приміщення.

6.6.5 Усі проїзні дороги повинні утримуватися в належному стані. Підїзди до пожежних гідрантів, водоймищ та інших джерел водопостачання (ставки, градирні, канали та інше), обладнані спеціальними майданчиками (пірсами), повинні бути постійно вільними, взимку очищатись від снігу

6.6.6 На території повинні бути встановлені відповідні дорожні знаки і пояснювальні написи про заборону зупинки автотранспорту, інших механізмів у місцях звуження проїзних доріг, під арками і в місцях розміщення пожежної техніки за оперативним планом пожежогасіння.

6.6.7 Закриття окремих проїздів і діляниць дороги на ремонт або з інших причин може бути виконане після погодження з ДПД або СПБ і обладнання тимчасових об'їздів або переїздів через діляниці, які ремонтуються. На весь період ремонту потрібно встановити дорожні знаки і покажчики маршруту прямування транспорту, а також додаткове освітлення.

6.6.8 Переїзди внутрішніх об'єктних залізниць повинні бути вільними для проїзду пожежних автомобілів і мати суцільний настил на рівні головок рейок. Забороняється стоянка залізничних вагонів без локомотива на переїздах.

6.6.9 На території електростанцій і підстанцій належить регулярно скошувати і вивозити траву. Забороняється зберігання висушеної трави на території підприємства і навколо нього на відстані ближче 100 м.

6.6.10 Спалювання сміття і відходів на території підприємства категорично заборонено. Усі горючі відходи і сміття протягом робочого дня слід вивозити за територію підприємства.

## **6.7 Висновки до шостого розділу**

У розділі наведенні правила поведінки людини з обладнанням біогазових установок та фотоелектричних станцій. Наведені вимоги по обслуговуванню даних об'єктів. Щоб умови праці були безпечнішими треба використовувати маркування адже на станції присутні електричні прилади які можуть нашкодити людському здоров'ю. В якості маркування треба використовувати колоруювання струмовідних частин, та мають бути використані знаки безпеки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З кожним роком фотоелектричні елементи падають в ціні, що народжує не тільки невеликі і приватні електростанції, а й комерційні.

Прихід сонячної радіації в Україну задовільний для використання сонячних електростанцій в усіх регіонах, особливо на півдні і в центрі протягом всього року.

Розробка передових біогазових технологій внесе значний внесок у підвищення енергетичної незалежності України, знизить жорсткість покриття пікових навантажень в енергопостачанні, а також буде сприяти розвитку місцевої економіки та виробництво електроенергії, виробленої з біогазу, Україна підвищить рівень екологічної безпеки на більшій частині своєї території, оскільки відходи птахівництва, тваринництва, харчової та переробної промисловості вже становлять загрозу для здоров'я населення, ґрунту, повітря і ґрунтових вод. . Ресурси.

Біоенергетика і біогазова промисловість потребують підтримки з боку держави, тому що виробництво біогазу знижує енергетичну залежність нашої країни, а також створює нові робочі місця і вирішує проблеми утилізації відходів, в тому числі тваринництва, тим самим покращуючи екологічну ситуацію в Україні.

Випуск біогазу на продаж зі свиноферми на 800 голів може скласти 186 565 м<sup>3</sup> на рік. В умовах утворення відходів тваринництва обсяг біореактора повинен складати 1000 м<sup>3</sup>.

Вироблення енергії на біогазову установку складе 5385900 МДж в рік, певну кількість електроенергії, виробленої з біогазу, може бути використано для власного електропостачання, а саме 126 000 МДж, решта може бути використана для вироблення електроенергії для покриття нестачі електроенергії. від фотоелектричної установки.

На підставі розрахунків вироблення електроенергії від біогазової установки було обрано оптимальну кількість панелей фотостанції-450. Також був вибраний оптимальний кут нахилу фотопанелей -45°, розраховані потужність і вироблення електроенергії за кожен місяць роботи фотостанції.

Було обрано обладнання для біогазової установки і фотоелектричної електростанції. Ми бачимо, що ця станція вимагає великих капітальних втрат через те, що біореактор великий, а фотостанція має багато фотомодулів, що впливає на вартість станції.

Розрахований термін окупності станції і її вплив на навколишнє середовище. Ми бачимо, що станція окупається за три роки, продаючи додаткові біодобрива, або за шість, якщо ви не продаєте добрива. Установка не робить поганого впливу на навколишнє середовище під час роботи, але також знижує викиди CO<sub>2</sub>.

Щоб умови праці були безпечніше, потрібно використовувати розмітку, адже на станції є електроприлади, які можуть завдати шкоди здоров'ю людини. Як маркування слід використовувати забарвлення струмоведучих частин і використовувати знаки безпеки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Біоенергетика” для студентів денної форми навчання за напрямком підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології», спеціальність 7.05070107 та 8.05070107 «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» денної форми навчання. Укладач: Будько М. О., – К.: ФЕА НТУУ “КПІ”, 2015. – 40 с.
2. Енергія Сонця на території України. Режим доступу: <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/astronom/22945/>
3. Біоенергетика: Сучасний стан, перспективи, зарубіжний досвід.-Голуб Р.Т. – 2 с.
4. Основні тенденції ефективності використання біогазу в Україні. Ю.В. Охота, К.В. Козак. – 7 с.
5. Градовий В.В. Еколого-економічна оцінка та напрями забезпечення виробництва біогазу- Магістерська робота-Тернопільський національний економічний університет-2017р. – 10 с.
- 6.. Т.Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук, О.І. Сіріков, доц., канд. Техн. наук, М.В. Кубкін, асист., В.П. Солдатенко, асист. //Алгоритм визначення густини потоку сонячного випромінювання на довільно-орієнтовану поверхню. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація., 2012, вип. 25, ч.І, стр. 303-312;7. Вимоги безпеки під час роботи з установкою для отримання біогазу. М.С. Лемешев, А.Д. Майданюк – 13 с.
8. Возобновляемые источники энергии. Установки биогазовые. <http://www.proagro.com.ua/reference/standard/bio/982.html>
9. Біогазові проекти в Україні: перспективи, наслідки та регуляторна політика. Трипольська Г.С., Дячук О.А., Подолкць Р.З., Чепелєв М.Г. – 20 с.
10. JA Solar. Режим доступу: <https://ja-solar.com.ua/#kompaniya>;
11. Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні. Гелетуша Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б. – 5с.



12. Вихід біогазу з різних видів субстратів | компанія «Biteco Biogas»,  
<http://www.biteco-energy.com/vygod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2/>
13. БІОЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ - ПЕРШІ КРОКИ ТА ПОТЕНЦІАЛ.  
[https://a7d.com.ua/analtika/boenergetika\\_v\\_ukran\\_persh\\_kroki\\_ta\\_potencal.html](https://a7d.com.ua/analtika/boenergetika_v_ukran_persh_kroki_ta_potencal.html)
14. В Україні зросли потужності біогазових установок | Na chasi.  
<https://nachasi.com/2018/03/26/potuzhnosti-biogazovyh-ustanovok>
15. Біогазові установки на енергетичних культурах - технологія отримання біогазу. <http://www.biteco-energy.com/energeticheskie-kultury-2/>
16. Біогаз: сировина і особливості виробництва | Eenergy.  
<https://eenergy.com.ua/terminology/biogaz/>
17. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках  
[https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak\\_energozber/13.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/13.html)
18. Біогазові технології в Україні. Встановлення та робота біогазових установок.
19. Біопаливо: види і джерела отримання <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biopalyvo-vydy-dzherela/>
20. НПАОП 40.1-1.21-98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». К.: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 1998. – 180 с.;
- 21 таблиця вибору електрокабеля [https://eti.su/articles/kabel-i-provod/kabel-i-provod\\_32.html](https://eti.su/articles/kabel-i-provod/kabel-i-provod_32.html)
- 22 Охорона праці та проти пожежна безпка <http://www.hrebinka.org.ua>
- 24 Дневник гелиотехника. Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/>
- 25 Экотехник Украина Групп. Режим доступу: <http://ekotechnik.com.ua/>